Ғ. Нысанбаев

МЕТАЛДЫҢ МЫҢ ҚАСИЕТІ

АЛМАТЫ «ҚАЗАҚСТАН» 1988

ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ӘДЕБИЕТ
БАС РЕДАКЦИЯСЫ

Рецензенті техника ғылымдарының докторы
И. Онаев

Нысанбаев Ғ.
Н 90 Металдың мың қасиеті.— Алматы: Қазақстан, 1988, 112 бет.

Кітапта металдардың және оның қорытпаларының ашылу тарихы мен олардың қасиеттері, қолдану, пайдалану жолдары баяндалады. Сондай-ақ металдың «дертке» шалдығуы, шығуы, унтақ металл өндіру мен оларды пайдалану жайлы да әсерлі әңгімеленеді.

Кітап жастарға, студенттерге, металл тарихын білгісі келетін жалпы көпшілікке арналған.

Н $\frac{2601000000-23}{401\ (05)-88}$ — 120—88 **34.8**

ISBN 5—615—00147—X

© «Қазақстан» баспасы, 1988

КІРІСПЕ

Жиырмасыншы ғасыр — ғылыми-техникалық революция ғасыры. Қазір халық шаруашылығының қай саласына көз салсаңыз да үздіксіз жаңарып жатқан еңбек технологиясын, түрлі машиналар мен құрал-саймандарды көресіз. Жаңа машина, станок, аспаптар көбейе түсуде. Техниканың зор қарқынмен дамуы нәтижесінде адам космоска жол ашты, Ай бетінде із қалдырды, атомды бейбіт мақсатқа игерді, «ақылды машиналарды» ойлап тауып, тіршілік клеткасының ішкі сырына үңілді.

Бүгін таңда химиялық элементтердің барлығы дерлік игеріліп, олардың әрқайсысы өзіне тән пайдалы қасиеттеріне орай адам қажетіне жұмсалуда. Жаңа талаптарға сай элементтердің әр түрлі қоспаларын, қорытпаларын іздеп табу, оны жете зерттеп, игілікке айналдыру кеңінен өріс алып отыр. Металдармен қатар полимерлер, мақта және жүн орнына синтетикалық материалдар, тас және мәрмәрмен қатар жаңа құрылыс материалдары қолданылуда.

Біз қазіргі өндіріс, құрылыс, байланыс, ауыл шаруашылығы, сан алуан техника салаларына зер салып, көңіл аударсақ, олардың бәрінде қолданылып жүрген негізгі материал — металл екенін көреміз. Қосмос кеңістігіне самғаған ракеталардың корпусынан бастап, балалардың ойыншығына дейін металдан жасалады. Бұған қарап, әрине, адам баласының өмір қажеттігін тек металдар өтейді деуге болмайды. Олардың орнын алмастыратын органикалық материалдар, әр түрлі пластмассалар да жетіп артылады. Дегенмен, бұл салада металдың орны ерекше екенін атап айтуымыз керек.

Адамзат баласының өткен дәуірі сол кезеңде еңбек құралы ретінде қолданылған материалдың атымен аталған. Сол еңбек құралдарының негізі (мыс, қола, темір) металдар болған. XIX ғасырдың басында дүние жүзінде кісі басына шаққанда бір килограмға жетпейтін металл өндірілген. Бүгінде металдар, олардың жаңа қорытпалар қатары бұрын болып көрмеген дәрежеге жетті. Игерілген металл түрлері де, оларды өндіру мөлшері де үнемі ұл-

ғаюда. Негізінде оны ғылыми-техникалық прогрестің арқауы деп қарағанымыз жөн. Ғылыми-техникалық прогресті тездетудің мәні металдарды көптеп пайдалануда ғана емес, оны үнемдеуде, сапасын жақсартуда жатыр. СССР-дің экономикалық және әлеуметтік дамуының 1986—1990 жылдарға және 2000 жылға дейінгі кезеңге арналған Негізгі бағыттарында: «Прогресті жаңа техника жасау және экономиканы дамытуда ресурс үнемдеу бағытын жүзеге асыру міндеттерін басшылыққа ала отырып, конструкциялық материалдардың құрылымы мен сапасы жақсартылсын. Металл өнімінің үнемді түрлерін, синтетикалық және басқа прогресті материалдар өндіру жеделдете дамытылсын; конструкциялық материалдардың номенклатурасы кеңейтілсін, техникалық-экономикалық қасиеттері жақсартылып, беріктік және тоттануға қарсы қасиеті арттырылсын... Темірді және принципті жаңа металл материалдарын тікелей алу технологиясын өнеркәсіптік игеру жөніндегі жұмыс кеңейтілсін»[1]— деп атап көрсетілген.

Қолдарыңыздағы кітаптан оқушы қауым аса маңызды техникалық металл — темірдің және оның қорытпаларының қасиеттері, олардың қолданылатын салалары туралы, сондай-ақ авиация металы алюминий, электротехникалық негізгі материал мыс, жаңа техника металдары титан, сирек элементтер жайлы оқып біледі.

---

[1] Совет Одағы Коммунистік партиясы XXVII съезінің материалдары. Алматы, «Қазақстан», 1986, 373—374-беттер.

МЕТАЛЛ СЫРЫ

Қоғам игілігіндегі барлық байлық негізгі екі топқа бөлінеді: рухани байлық, табиғат байлығы. Бұл жерде табиғат байлығы жайлы айтылатындықтан, әңгімемізді осы бағытта өрбітейік. Табиғат байлығы жерден алынады. Жер қазынасы осы уақытқа дейін қоғам игілігінің сарқылмас қоры болып отыр, болашақта да солай болмақ. Бұл арада біз мұхит байлықтарын игерудің енді ғана қолға алынып отырғанын еске алсақ болады. Жер қойнауынан техника мен өндіріске өте қажет материалдар — тас көмір, мұнай, газ, минералды, минералсыз сулар, органикалық заттар және металдар өндіріледі. Осы игіліктердің ішінде, әрине, металдардың алатын орны ерекше.

Д. И. Менделеев кестесіндегі 104 элементтің 83-і, яғни бестен төрті металл. Бұлардың барлығы да жер қойнауынан алынған.

Металдар әр түрлі болады. Олардың қасиеттері де әрқалай. Мысалға, кейбір металдар созымтал келеді. Демек бұларды әр түрлі тәсілдермен өңдеуге болады. Сәуле шағылыстырғыш жылтыр металдар да көп. Бұлардың барлығы электр тогы мен жылуды жақсы өткізеді. Осындай металдардың ортақ қасиеттерін ұлы орыс ғалымы М. В. Ломоносов 1763 жылы «Металлургия мен кен істерінің бірінші негіздері» деген кітабында атап көрсетті. Ол: «Металдар — жылтырауық, созымтал, қатты денелер. Металл дегеніміз түсі ашық, өзі соғуға көнетін денелер. Мұндай денелер алтау: алтын, күміс, мыс, қалайы, темір, қорғасын»,— деп жазды.

Д. И. Менделеев (1834—1907) элементтердің периодтық жүйесін жасаған кезде ғылымда белгілі 63 химиялық элементтің 50-і металл болатын. Атақты ғалым өзі ашқан элементтердің периодтық жүйесінің заңдылықтарына сүйене отырып, ғылымда әлі белгісіз бірнеше элементтердің сол периодтық жүйедегі орындарын көрсетіп, олардың әр түрлі қасиеттерін, атомдық салмағын, балқу температурасын дәл көрсетіп берді. Оларға эка-алюми-

ний, эка-силиций деп ат қойды. Кейіннен бұл элементтер галлий, германий деп аталды.

Барлық металдарға тән ортақ қасиет бар. Ғалымдар металдарды зерттеу кезінде олардың осы ерекше қасиеттеріне сүйенеді.

М. В. Ломоносов металдарды қатты денелер дейді. Сынап металл тобына кіреді, бірақ ол әдеттегі температурада сұйық күйде болады. Демек металдар сұйық күйінде де кездеседі. Металдардың екінші қасиеті — олардың жылтырлығы. Бірақ металл емес жылтыр заттар да аз емес. Соған қарамастан оның кристалдары кейбір металдардан жылтыр келеді. Металдар созымтал. Ал металл емес заттар арасында да созымталдығы жоғарылары ұшырасады. Мысалы, ақ фосфор металл емес, бірақ жұмсақ, созымтал зат. Осындай ерекшеліктерімен қатар металдарға тән жалпы ортақ қасиеттер де бар. Олар: созымталдық, жылтырлық, жылу мен электр тогын өткізгіштік, сонымен бірге химиялық реакцияларды бір сапада көрсетеді.

Металл қасиеттерінің өзара ұқсастығы мен ерекшеліктері, олардың ішкі құрылымдарының біртекті болуына тәуелді. Металдар — кристалл құрылымды заттар. Олардың атомдары әр металға тән тұрақты ара қашықтықта, белгілі бір заңдылықпен орналасып, кристалл торын құрады. Кристалл торында металл атомының валенттік электрондары көршілес атомдарға жеңіл ауысады. Сөйтіп металл атомдарының өзара байланысын қамтамасыз етеді, олардың ара қашықтығын үзбей жылжып, қозғалуына мүмкіндік береді. Металдардың созымтал болып келуі, міне осыған байланысты. Көршілес атомдарға жеңіл ауысатын электрондар электр тогын оңай өткізуге себепкер болады. Осы қасиетіне орай металдар электр тогы мен жылуды жақсы өткізеді.

Жалпы металдарға тән ортақ қасиеттермен қатар, әр металдың өзіне тән ерекшеліктері де бар. Металл түрлерінің жартысынан астамы қазіргі кезде техникада қолданылғанымен, олар өндіріс қажетін толығымен өтей алмайды.

Айталық, өнеркәсіптің негізгі салаларының бірі — машина жасау өндірісінде кеңінен тараған металдар санаулы ғана, бұлар: темір, алюминий, мыс, титан, магний, никель, қалайы, қорғасын, мырыш, хром, кобальт, марганец, молибден, ниобий, вольфрам, күміс, кадмий, платина, висмут, сынап. Қалған металдар өндірісте өте

аз мөлшерде қолданылады немесе мүлдем қолданылмайды. Бұл олардың өндірісте қолданылуының тиімсіздігін көрсетпейді. Керісінше тым аз мөлшерде өндірілетінін аңғартады. Содан барып өндірісте кеңінен қолдануға мүмкіндік бола бермейді.

Дүние жүзі бойынша өндіріске жыл сайын жүздеген миллион тонна металл жұмсалады. Ал солардың ішінде кейбір металдардың түрі мың тоннадан артық өндірілмейді. Онсыз да аз өндіріліп жатқан мұндай металдарды машина жасау өндірісінде кеңінен қолдану мүмкін емес. Бірақ сол аз мөлшерде өндірілетін металдардың ішінде техника мен әр түрлі машина жасау саласына өте қажеттілері де аз емес.

Бірақ металдарды мол өндіру үшін олардың бай кен орындары болуы қажет. Адамдар мыңдаған жылдар бойы жер қойнынан кен қазып, оның қазба байлығын өз игілігіне айналдырып келеді. Жыл өткен сайын жаңа металл кендері ашылып, кен өндіру бұрынғыдан да қарқынды жүргізілуде. Бірақ байлық шексіз емес. Осы арада жер қойнауында металл қоры қанша деген заңды сұрақ туады. Ғалымдардың дәлелдеуінше, жер қыртысында (литосфера) бір километрге дейінгі тереңдікте элементтер қоры мынадай (салмақтық процентпен алғанда):

Оттек	46,6
Кремний	27,7
Алюминий	8,0
Темір	5,0
Магний	2,1
Титан	0,6
Мыс	0,01
Никель	0,01
Қалайы	0,004
Мырыш	0,004
Қорғасын	0,0016
Күміс	0,00001
Алтын	0,0000035
Платина	0,00000005

Ең мол тараған элементтер — оттек пен кремний. Жер қойнауындағы алюминий, темір, магний, титан елеулі мөлшерде. Ауыр металдар қоры — мыс, никель, қалайы, мырыш, қорғасын аз. Бұл металдар барлық елдерде қорытылады. Мүмкін болған жағдайда бұлардың орнына басқа металды немесе металл емес материалдарды пайдалану жолдары қарастырылуда. Сондықтан да барлық жерлерде металл сынықтары мен өндіріс қалдықтары —

темір-терсектерді жинап, қайта пайдалану тәжірибесі қалыптасты.

Кейбір металдардың қоры жер қойнауында өте аз. Ал кейбірінің қоры аз болумен қатар шашыраңқы түрде кездеседі, бұлардың бай кен орындары өте сирек. Сондықтан оларды өндіру әрі өнімсіз, әрі тиімсіз.

Кен қорынан таза металл өндіруге қажырлы еңбек, көптеген материалдық шығындар жұмсалады. Мысалы, 1 тонна алюминий өндіру үшін 13-15 мың киловатт-сағат электр энергиясы керек. Бұл энергия шамамен алғанда, 500 станоктың бір смена бойы жұмыс істеуін қамтамасыз етуге жетеді. Ұзақ жылдар бойы электр энергиясының жетімсіздігінен алюминий өндіру қымбатқа түсті. Алюминий қоры жер қыртысында мол болса да, оны өндіріс қажетіне жетерліктей мөлшерде өндіру соңғы 60-70 жыл ішінде ғана етек алды.

Металдар тек таза түрінде емес, әр түрлі қорытпалар, қоспалар түрінде де пайдаланылады. Өндіріс пен техникада таза металдардан гөрі олардың әр түрлі қоспалары жиі қолданылады. Себебі, металл қоспалары таза металдардан мықты әрі берік келеді. Алюминий қорытпалары таза алюминийдің өзінен әлдеқайда берік. Таза темірдің де, көміртектің де беріктігі төмен. Ал темір мен көміртектің қорытпасы — болат пен шойын өте берік. Таза мыстың беріктігі мыстың мырышпен қорытпасы — жезден едәуір төмен. Қорытпалар қасиетін термоөңдеу арқылы өндіріске тиімді жайларды ойластыруға болады. Соның нәтижесінде бір құрамды қорытпаның әр түрлі мақсаттарда пайдалану мүмкіндігі туады. Қоспалардың балқу температурасы таза металдардың балқу температурасынан төмен. Темір 1539 градуста, ал оның қорытпасы шойын 1130-1330 градуста, мыс 1083 градуста, ал жез 900 градус шамасында балқиды. Бұдан қоспалар таза металдардан барлық жағдайларда мықты әрі тиімді екен деген біржақты түсінік тумауы керек. Көптеген мақсаттар үшін қоспасыз таза металдарды пайдалану тиімді. Таза мыстың электр өткізгіштік қасиеті оның қоспаларының қай-қайсысынан да жоғары. Егер электр сымын мыстан жасамай, жезден жасаған болсақ, онда ол мыс сымнан екі есе жуан, ал салмағы мен құны төрт есе жоғары болар еді. Бұл өте тиімсіз. Сондықтан барлық электр тогын өткізгіштер: кабель, сым, электр машинасының орамы — түгелдей дерлік таза мыстан жасалады. Рас, бұл салада таза алюминий де пайдаланылады.

XX ғасырдың басында өнеркәсіпте негізінен көбінесе темір, мыс, алюминий қолданылған еді. Қазір техникалық металдар саны көбейді. Дегенмен әлі де жоғарыда айтылған үш металл басқа металдардан гөрі мол өндіріледі. Бұлардың ішінде өндірісте ең жиі қолданылатыны — темір. Темір бірнеше ғасырлардан бері адамзатқа қызмет етіп келеді. Ертеде темірден аспап, қару-жарақ, құрал-сайман жасалды. Бертін келе темір құрылыста пайдаланыла бастады. Алғашқы шойыннан жасалған ірі құрылыс — 1778 жылы Англияда Северн өзенінің үстіне салынған көпір болды. 1822 жылы Англияда түгелдей темірден кеме жасалды.

Металдарды игілікке айналдыру үшін олардың негізгі физикалық, химиялық қасиеттерімен қоса, басқа да ерекшеліктерін жете білу керек. Сондай ерекшеліктердің бірі — металдардың «дертке» шалдығуы. Металл кристалының температура өзгеруіне байланысты бір түрден екінші түрге ауысуы жиі орын алады. Аллотропиялық өзгеріс деп аталатын бұл құбылыс металдарды өңдеуде қолданылады. Алайда, кейбір жағдайларда осы өзгерістің зиянды әсерлері кездеседі. Осыған байланысты металл тану ғылымында «қалайы обасы» деген ұғым бар. Ертеде қыс қатты болған жылдардың бірінде Петербург қоймаларындағы патша әскерлері киімдерінің түймелері ұнтақталып, түсіп қалады. Оның себебін білмеген патша чиновниктері дал болады. Ол кезде әскери киімнің түймелері қалайыдан жасалады екен. Бұл металл плюс 18 градустан жоғары температурада бетта (β) — қалайы, одан төменгі температурада альфа (α) — қалайы түрінде қалыптасады. Бастапқы түрі ақ қалайы, екіншісі сұр қалайы деп аталады. Күнделікті тұрмыста әдетте ақ қалайы қолданылады. Ақ қалайының кристалл торы сұр қалайы торынан бір жарым есе тығыз. Сондықтан температура плюс 18 градустан төмендеген жағдайда ақ қалайы сұр қалайыға аллотропиялық ауысып, оның кристалының көлемі 25 процент ұлғаяды. Аллотропиялық өзгеріс металдың кристалл көлемінде бір мезгілде басталмайды, сондай-ақ аяқталуы да әр кезде болады. Сұр қалайының механикалық қасиеттері ақ қалайыға қарағанда нашар, беріктігі төмен, морт. Осы себептерге байланысты, қалыптасқан сұр қалайының кристалдары бастапқы ақ қалайы көлеміне симай, кристалл торында кернеу туғызады да, осы ішкі күш әсерінен беріктігі төмен, морт сұр қалайы үгітіледі. Бұл құбылыс қалайының

«обаға шалдығуы» деп аталады. Әдетте температура плюс 18 градустан төмендегенде қалайыдағы аллотропиялық өзгеріс өте баяу жүреді. Бұл процестің қалайыда өте тез, сағатына 0,004 миллиметрлік жылдамдықпен жүруі минус 32 градуста болады. Егер қалайы зат бүтін, тұтас болса, онда аллотропиялық өзгеріс баяу өтеді, зат бұзылмай ұзақ сақталады. Егер затқа ақау түссе, аллотропия құбылысы үдей түседі. Түймелер тесіксіз болмайтындықтан, қалайы түймелер аллотропия құбылысының әсерінен бүлініп, ұнтақталуы заңды еді.

Металл қорытпалары аллотропиялық өзгеріссіз де «дертке» шалдығады. Мысалы, қоланың терлеуін алайық. Қола — мыс пен қалайының қорытпасы. Егер қалайы мыс құрамында толық қатты ерітінді түрінде қалыптасса, онда қорытпа бір қалыпты балқиды. Бірақ қола құймасында кристалдану заңдылығына сәйкес қалайы түгелдей қатты ерітіндіге кірмейді. Оның бір бөлігі кристалдар тармағының жіктерінде топталады. Осылайша айрықша кристалданған қалайының балқуы да ерекше болады. Қола 800 градустан жоғары температурада, ал қалайы — 232 градуста балқиды. Қыздырылған металдың көлемі ұлғаяды. Қола құйма 232 градустан жоғары температураға қыздырылса, онда кристалл жіктерінің аралығындағы қалайы балқиды. Қыздырудан көлемі өскен қола балқыған қалайыны қысып, оны кристалдар аралық жіктер арқылы қола бұйымның сыртына шығарады. Мөлтілдеген қалайы тамшылары қола құйманың сыртына жиі орналасып, кейде бір-біріне қосылып аға бастайды. Қола құймасын өндіруде ертеден белгілі, бірақ ол кезде сыры белгісіз бұл құбылыс, сол кезден бері «қоланың терлеуі» деп аталып кеткен. «Терлеген» қола құймасының кристалдары арасындағы байланыс үзіліп, олардың беріктігі шұғыл төмендейді. Сондықтан «терлеген» қола орнынан қозғауға, аударып-төңкеруге келмейді. Кейде «терлеген» қола құйма өз салмағы әсерінен-ақ бөлшектеніп кетеді.

Техникада «мыстың сутегі дерті» деген құбылыс бар. Бұл құбылыстың мәні мынадай. Балқытылған мыста сутегі мол мөлшерде ериді де, қатайған мыста оның еру мөлшері шұғыл төмендейді. Осыған байланысты кристалданған мыстан артық еріген сутегі бөліне бастайды да, кристалдар арасындағы жіктерге топталады. Жоғары температурада мыс тотығады. Оның үстіне таза мыста да аз мөлшерде болса да оттегі ұдайы кездеседі.

Қатайған мыс ерітіндісінен бөлінген сутегі мен оттегі реакцияға түсіп, соның нәтижесінде су молекулалары түзіледі. Жоғары температурада балқыған мыстың кристалдану процесінде осы реакция нәтижесінде пайда болған су булары кристалдар аралығындағы жіктермен сыртқа шығып, олардың арасындағы байланыстарын үзіп, біртұтастығын бұзады. Осының салдарынан мыс сызаттанады. Су буы сыртқа шыға алмай кристалдар аралығында орналасып қалса да кристалдардың өзара байланысы үзіліп, мыстың беріктігі шұғыл кемиді. Осылайша, ешқандай сыртқы күштің әсерінсіз-ақ мыстың сызаттануы мен беріктігінің төмендеуі — мыстың «сутегі дертіне» шалдығуы деп аталады. Бұл жағдай мысты пісіру процесіндегі негізгі қиыншылықтардың бірі. Өйткені пісіру кезінде қолданылатын газдар құрамында, әсіресе бұл мақсатта пайдаланылатын негізгі газ ацетиленнің құрамында сутегі өте мол. Металл түрлі-түсті де болады. Сондықтан металдан әшекей, зергерлік бұйымдар жасалады. Бұл салада металдардың түсін өзгерту тәсілдері де игерілген.

Металдың түсі оның сәулені шағылту қабілетіне байланысты. Жылтыраған металдың сәуле шағылту коэффициенті 50—95% аралығында болады. Күміс сәуленің оптикалық спектрін толық, бірдей шағылтады, сондықтан күміс бізге ақ түсті болып көрінеді. Алтын сәуле спектрінің қысқа толқынды бөлігін (көк, күлгін) жақсы сіңіреді, ал қызыл, сары толқынды бөлігін жақсы шағылтады. Сондықтан алтын сары түсті. Металдардың көпшілігі сәуле спектрінің көзге көрінбейтін диапазонын (бөлігін) жақсы сіңіреді де, көзге көрінетін бөлігін жақсы шағылтады. Сондықтан да олар бізге бояусыз, ақ боп көрінеді. Құрамына басқа элементтер қосу арқылы металл түсін өзгертуге болады. Мысалы, мыс — қызғылт, мырыш — ақ, екеуінің қорытпасы жез — сары. Бұдан түсіне қарай қорытпа құрамын білуге болады деп ойлап қалуға болмайды. Мысалы, құрамындағы мырыш мөлшерінің өсуіне сәйкес мыстың түсі қызғылт, қызғылт-сары, жасыл-сары, сары боп өзгереді де, енді мырышты одан әрі молайта бастасаңыз, қорытпа түсі кері бағытта, яғни сары, жасыл-сары, қызғылт-сары, қызғылт болып өзгере бастайды. Алтын қорытпаларының да түстер гаммасы бай. Құрамындағы мыс, күміс мөлшеріне сәйкес алтынның түсі сарғылт-алтын, қызыл, қызғылт, сұрлау, жасыл, ақ болып өзгереді. Жасыл түсті алтынның құра-

мында салмақ өлшемімен алғанда 1000 бөліктің 750 бөлігі алтын, 166 бөлігі күміс, 84 бөлігі кадмий. Жапонияда «сакдо» деп аталатын алтынның мыспен қорытпасы, «сибний» деп аталатын алтынның күміспен қорытпасы өндіріледі. Бұларды тұз ерітіндісімен өңдеу арқылы күлгін түсті, көкшіл қара түсті етіп шығаруға болады.

ТЕХНИКАЛЫҚ НЕГІЗГІ МЕТАЛЛ

Ұлы Абай туындыларында мынандай бір жұмбақ бар.

«Қара жер адамзатқа болған
мекен,
Қазына іші толған әр түрлі
кен.
Ішінде жүз мың түрлі асылы
бар,
Солардың ең артығы немене екен?»

Шешуі: *Темір.*

Абайдың темірді жер қойнауындағы қазыналардың ең артығы деп бағалауының негізі бар.

Қазіргі өндірісте пайдаланылатын материалдардың 90 процентке жуығы темір және темір негізінде өндірілетін көптеген қорытпалар мен қоспалар. Бұлардың ішінде ең көрнекті орын алатыны болат, ал оның негізі — темір.

Темірді пайдаланбайтын бірде-бір өнеркәсіп саласы жоқ. Рас, темір таза түрінде емес, қорытпа түрінде жұмсалады. Бұл қорытпа — күнделікті өмірде жиі қолданылатын, көпшілікке белгілі болат пен шойын. Бұлардың өндірісте кеңінен қолданылуының басты бір себебі — болат пен шойынның негізі темір — жер қойнауында алюминийден кейінгі ең көп тараған металл. Оның бай кендері де жиі кездеседі. Совет Одағында темірге бай кендер Уралда, Украинада, Керчь түбегінде, Қазақстанда және басқа көптеген жерлерде бар. Ұлы Октябрь революциясына дейін кең байтақ Қазақстан жерінде темір кендері зерттелмеген болатын. Совет өкіметі орнағаннан кейін республикада бірнеше темір кені орындары ашылды. Темір кенінің құрамында темір мөлшері 40-60 процентке дейін жетеді, сондықтан темірді кеннен ажырату өнімді. Түсті металдар кені темір кеніне қарағанда әлдеқайда кедей. Мысалы, мыс кенінде мыс көбінесе 2-3 проценттен аспайды. Мұны түсті металдардың қымбат болуынан да көруге болады.

Болат пен шойын өндірудің тиімділігі — бұлардың қасиетін толық зерттеу, әр түрлі тәсілдер арқылы олардың сапасын, қасиетін жақсартып, белгілі мақсаттағы деңгейге жеткізу, тіпті оған болатқа тән емес қасиеттерді дарыту — оларды өңдеу тәсілдерінің дамуына жол ашты. Осыған орай болат өндіру үздіксіз ұлғая түсуде.

Қазір болат пен шойын көп өндірілетін қорытпалар болып отыр. 1955 жылы дүние жүзі бойынша 270 миллион тонна шамасында болат пен шойын өндірілсе, 1965 жылы 400 миллион тоннаға жуық, ал қазір 500 миллион тоннадан артық өндіріледі. Мол өндірілуіне орай болат пен шойын басқа металдардан әлдеқайда арзан. Бір тонна болат прокаттың бағасы бір тонна цинктен 4-5 есе, бір тонна мыстан 8-10 есе, бір тонна никельден 30-40 есе, бір тонна қалайыдан 110-130 есе арзан. Сирек металдармен салыстырғанда болаттың бағасы тіпті тегін дерлік. Мысалы 1 кг цинконий бір тонна болат прокаттан 3-4 есе қымбат. Болат арзан болуымен қатар, басқа металл қоспаларымен салыстырғанда техника талаптарына толығырақ сәйкес келеді.

Конструкциялық материалдардың құнды қасиеттерінің бірі — олардың беріктігі. Болаттың ең жұмсақ маркасының өзі мыстан екі есе, алюминийден үш есе берік. Мыс қорытпалары — қола, жез, сондай-ақ алюминийдің ең сапалы деген қоспаларының беріктігі болаттың жұмсақ маркаларының беріктігіне шамалас келеді. Мыс, алюминий қорытпаларын беріктігі жағынан жоғары сапалы болатпен ешбір салыстыруға болмайды. Болаттың технологиялық қасиеттері де жоғары. Ол құюға, созуға, штамптауға, прокаттауға төзімді. Болатты дәнекерлеу, пісіру, кесу және басқа технологиялық тәсілдермен өңдеуге болады. Басқа металдардың қорытпаларының технологиялық қасиеттері осында айтылғандай толық күйінде кездесе бермейді. Мыс пен алюминий және олардың қоспаларын созу, қақтау, прокаттау жеңіл, бірақ оларды пісіру қиын. Болат аса қажетті материал, ал болаттың негізі темір — қазіргі уақытта техникалық негізгі металл болып саналады және бұл орынды да. Бұл техникалық негізгі материалдардың іске аспайтын саласы жоқ. Бүгінгі танда техникада темір негізіндегі қорытпа, қоспалардың 12000-нан астам түрі пайдаланылуда. Бұлардың басым көпшілігі әр түрлі болаттар.

Таза темір — сұрғылт-күміс түсті, жылтыр, платинаға ұқсас металл. Оның меншікті салмағы 7,87 г/см^3. Темір

балқу температурасы жоғары металдар қатарына жатады. Ол 1541 градуста балқиды. Темір кристалының ұяшығы көлемі центрленген куб болып келеді. Егер темірді қыздырса, оның кристалл құрылымы өзгереді. 911 градуста темірдің кристалл торы жақтары центрленген куб болып қалыптасады. Осы құрылымды кристалл торы балқу температурасына дейін сақталмайды. 1401 градуста темір қайтадан көлемі центрленген куб торына ауысады. Балқыған темір 1541 градустан төмен суый бастағанда, көлемі центрленген куб кристалы қалыптасады. Қатая бастаған темірдің кристалл торы 1398 градуста жақтары центрленген куб кристалына ауысады. Бұл құрылым 898 градусқа дейін сақталады да, одан төмен суығанда көлемі центрленген кристалл торы құрылады. Темірдің температура өзгеруіне орай әр түрлі формада қалыптасуы басқа материалдарда да кездеседі, ол аллотропикалық модификациясы грек алфавитінің әріптерімен альфа (α), гамма (γ), дельта (δ) — темір деп аталады. Әдетте темір ферромагниттік материал. Қыздырылған темір 769-911 градус аралығында ферромагниттік қасиетін жойып, парамагниттік қасиетке ие болады. Темірдің ферромагниттік қасиеті жойылатын температура 769 градус, оны атақты француз физигі Пьер Кюридің есімімен Кюри нүктесі деп атайды. 769-911 градус аралығындағы парамагниттік темір бұрын бетта (β) — темір деп аталатын еді. Бертін келе бұл температура аралығында темірдің кристалл құрылымы өзгермейтіні анықталды да, β — темір деп атау қолданылмайтын болды. Болаттың негізі темір болғандықтан оның да кристалл құрылымы темірдің кристалл құрылымы сияқты температураға орай өзгереді. Құрылымның өзгеруіне сәйкес болаттың қасиеті де өзгереді. Бұл өзгерістер легирлеуші элементтер әсерімен ұлғая түседі. Темірден басқа металдар, мысалы, титан аллотропиялық модификациясы бар элемент. Алайда темірдің бір ерекшелігі — термөңдеу және легирлеу арқылы оның құрылымы мен қасиетін өзгертуге болады. Мұның өзі болаттың негізгі техникалық материал болуына басты себептердің бірі.

Таза темір жұмсақ та, аса берік те емес. Бірақ оның кристалл торына басқа элементтер қосылса оның беріктігі, қаттылығы артады. Темір өндіру технологиясының ерекшелігіне орай онымен бір кристалл торында қалыптасатын элемент — көміртек. Темір мен көміртек қорытпалары шойын мен болат.

Табиғатта негізгі затқа екінші бір заттың шамалы ғана қосылуының өзі өте күрделі өзгерістерге алып келетіні белгілі. Өсімдіктерге тыңайтқыш пен зиянды заттардың, жануарларға дәрі-дәрмек пен улы заттардың әсері бұған мысал бола алады. Темір құрамына 0,2 процент көміртек қосылса. онда темірдің қасиеті елеулі өзгеретіні сонша, мұндай темірді конструкциялық болат деп атайды. Ол темірден өзгеше материал ретінде саналады. Көміртек балқытылған темірге қосылып, онымен бірге кристалданғанда темір-көміртек қорытпасы қалыптасады. Көміртек осы қорытпада екі түрлі жолмен орналасады. Біріншісі, көміртек атомының мөлшері темір атомынан екі еседей кем болғандықтан, ол темірдің кристалл торындағы атомдар арасындағы кеңістіктерге сыйысып орналаса алады. Бөлме температурасында атом аралығындағы кеңістіктерге тек 0,0001% көміртек орналаса алады. Осы шамадан артық көміртек темір атомдарымен сыйысудың басқа жолын іздеуге мәжбүр болады. Олар мұндай жолды табады да. Көміртек темірмен химиялық қосынды түзеді. Темір карбиды деп аталатын бұл қосындының үш атомы темір, бір атомы көміртек болып келеді. Химиялық формуласы Fe_3C. Осыған орай көміртекті болаттың (легирленбеген) микроскоптық құрылымы темір түйіршіктері мен темір карбидының түйіршіктерінен құралады. Металтану ғылымында темір түйіршіктерін — *феррит,* карбид түйіршіктерін — *цементит* деп атайды. Цементит түйіршіктерінің формасы, мөлшері және феррит аралығында орналасуына байланысты болаттың қаттылығы, беріктігі, созымталдығы әр түрлі болады. Феррит пен цементиттің айрықша өзара қатынас мөлшеріне және орналасуына байланысты болат құрылымы микроскоппен қарағанда маржан тәріздес жылтыр болып көрінеді. Бұл болат құрылымы *перлит* деп аталады. (перлит орысша перламутр деген сөзден алынған). Темір құрамында 0,8% көміртек болған жағдайда болат құрылымы түгелдей перлиттен тұрады.

Болаттың құрамы (ондағы көміртектің мөлшері) мен температураға (бөлме температурасынан балқу температурасына дейін) байланысты ішкі құрылымының өзгеруін көрсететін диаграмма бар. Бұл диаграмма темір-көміртек диаграммасы деп аталады. Көміртек мөлшері: 6,67% болған кезде түгелдей цементит құралатын болғандықтан темір-көміртек диаграммасы көміртекті 6,67 процентке дейін қамтиды. Бұл диаграмма болат пен шойын құ-

рылымын да көрсетеді. Темір-көміртек диаграммасы металтану мамандарына географтарға жер картасы қандай қажет болса сондай қажет. Бұл диаграмма болат пен шойынның құрамына қарай қыздыру мен суыту кезінде олардың құрылымы қалай өзгеретінін толық шолуға мүмкіндік береді. Темір-көміртек диаграммасы болат өндіру мен өңдеу технологиясының дамуындағы негізгі бағыт болып табылады. Қазіргі металтану саласында легирленген болаттарды өңдеу технологиясының негізгі бағытын көрсететін күрделі диаграммалар бар. Бірақ алғашқы жемісті қадамдардың бәрі темір-көміртек диаграммасынан басталды.

* * *

Темір дәуірінің алғашқы кезеңдерінде-ақ кеннен темір өндіру технологиясы жасалған. Бұл процесс өз дамуында бірнеше сатыдан өткен. Темір өндірудің алғашқы технологиясында толық балқытылмаған, балқуға жақын, жұмсақ, иленгіш қалпына дейін қыздырылған кеннен темір алынған. Бұл темірде қоқыс (шлак) бар еді, сондықтан оның сапасы да төмен болды. Мұндай темірді *крица* деп атайды. Бірте-бірте темір өндіру технологиясы тағы бір саты жоғарылап, темір кенін толық балқыту игерілген. Балқыған темір кені көміртекке қанық болып қалыптасқан. Себебі пайдаланылатын отын, ағаш, ағаш шоғы болғандықтан, пеш ауасында көміртек мол болған. Осылайша балқытылып қатайған темір әрі қатты, әрі морт, соғуға, созуға келмейтіндіктен одан қажетті бұйым жасау мүмкін болмаған. Темір өндіру технологиясының келесі сатысында балқытылған темір кенін қалыпқа құю игерілген. Осылайша шойыннан құйма бұйымдар алынды.

Келесі өте маңызды технологиялық кезең — шойынды ашық ауада қайта балқыту арқылы одан созымталдық қасиеті жоғары темір өндіру. Бұл таза темір емес, қазіргі тілмен айтқанда, көміртекті болат.

* * *

Экономика қарқынды дамыған сайын темірге деген қажеттілік те өсті. Темір өндірісінде пайдаланылатын отын — ағаш болғандықтан ормандар көп зиян шекті. Оның үстіне, ағаш кеме жасауға да, құрылыста да, күн-

делікті тұрмыстық қажеттілікке де пайдаланылатындықтан тапшылық туды. Осыған орай ағаш орнына басқа отын — тас көмір пайдалану мүмкіндігі іздестіріліп, көп ұзамай ағаш отынның орнына кокстелген тас көмірді пайдалану игерілді. Мұның өзі қара металлургия технологиясының жаңа сатыға көтерілуіне мүмкіндік жасады.

Болат өндірісінің жаңа сатысы ағылшын Ганри Бессемердің есімімен байланысты. Ол 1855 жылы балқытылған шойынды одан ауа өткізу арқылы артық көміртектен тазартып, шойыннан болат өндіру тәсілін тапты және бұл тәсілдің технологиясын өндіріске енгізді. 1856 жылы ағылшын Г. Бессемер тұңғыш конвертер — балқытылған шойыннан арнайы қыздырусыз болат өндіретін агрегат жасады. Д. И. Менделеев бұл конвертерді «отынсыз жұмыс істейтін пеш» деп атады.

Конвертер — сырт көрінісі алмұрт тәрізді болат сауыт, оның ішіне отқа төзімді кірпіш төселген. Конвертерге балқытылған шойын құйылады да оның астынан ауа үрленеді. Ол шойынның қалыңдығынан түгел өтіп, жоғарғы қабаттағы көміртекті жандырады. Осының нәтижесінде шойын құрамындағы көміртек лезде азайып болат қалыптасады. Г. Бессемер конвертерінде кез келген шойыннан болат өндіруге болмайды. Себебі шойын құрамында кремний, марганец болуы шарт. Бұл элементтер ауадағы оттекпен реакцияға түседі. Осы реакция нәтижесінде пайда болған жылу шойынның көміртектен тазаруына қажетті температураны қамтамасыз етеді. Алайда мұндағы пайда болатын жылу сом болатты балқытуға жеткіліксіз. Сондықтан Бессемер пешінде болат сынықтарын пайдалануға болмайды. Болат өндіруде Бессемер процесі өз кезінде прогрессивті технологиялық жаңалық болды және Англияда кең өріс алып, болат өндіруді молайтуға мүмкіндік берді. Бессемер процесінің өте бір тиімді жағы — тәсілдің өзі аса күрделі техниканы талап етпеді және өндірілген болаттың құны арзан болды. Көміртек ауадағы оттекте өте тез жанатындықтан да шойын көміртектен аз уақытта ажырап, болаттың жылдам қалыптасуына әсер етті. Бірақ осы қысқа мерзім ішінде шойын құрамындағы болат сапасын төмендететін қоспалар — күкірт, фосфор жанып үлгермей болат құрамында қалып қояды. Бұл — бессемер процесінің жоғары сапалы болат өндірудегі елеулі олқылығы.

Фосфор болат қасиетіне теріс әсер ететін қосынды болғандықтан болаттың сапасын арттыру үшін оның құ-

рамындағы фосфорды мейлінше азайту қажет. Бұл тәсілді 1877 жылы ағылшын маманы Томас ашты. Көп жылдар іздену нәтижесінде ол бұл проблеманы шешудің жеңіл жолын тапты. Шойын балқытылатын пештің отқа төзімді ішкі қабатына известь салып, балқыған шойынға ұнтақ известь қосу керек екен. Бұл Бессемердің балқыған шойынды ауамен үрлеп тазарту тәсілі кең өріс алған кез еді.

1864 жылы әкелі-балалы француз Эмиль мен Пьер Мартендер болатты шойын мен болат сынықтарын араластырып балқыту тәсілін тапты. Бұл тәсіл болат өндіруде металл сынықтарын, металл өндеу кезінде қалған қалдықтарды пайдалануға жол ашты. Мартен пешін барлық ел қолданды. Бұл пеште балқытылған болаттың сапасы да жоғары болды. 1867 жылы Парижде өткен Дүниежүзілік көрмеде Мартендер балқытқан сапалы болаттары үшін алтын медаль алып, даңққа бөленді. Бұл жаңалық металлургия саласындағы өнеркәсіп иелеріне мол пайда түсірді. Ісі оңға басқан өнеркәсіп иелері Мартендерді ұмытып та кетті. Эмиль Мартен қайтыс болған соң, оның баласы Пьер Мартен өз еңбегінің жемісін көре алмай, Париждің маңайындағы бір қалада үлкен тапшылықта өмір сүрген. 1910 жылға дейін оны ешкім елеп, ешкім көңіл бөлмеген. Мартен творчествосының жемісін молынан пайдаланған ірі капиталистер тек 1910 жылы ғана оған материалдық көмек көрсетіп, қайырым жасады. Пьер Мартен 1915 жылы 91 жасында қайтыс болады. Қайтыс боларының алдында оған Англияның қара металлургия институты Бессемер атындағы алтын медаль берді.

Мартен пешінің Бессемер конвертерінен артықшылығы — мұнда металл сынықтарын балқытуға, демек, болат өндіруде болат сынықтарын пайдалануға болатын еді. Пеште балқытылған металл құрамын бақылап, қажет жағдайда балқыған металға тиісті элементтер қосуға мүмкіндік туды. Осыған орай Мартен пешінде легирленген болат өндіру бұрынғы тәсілдермен салыстырғанда өнімдірек бола түсті. Мартен процесінің бір олқылығы сол — бұл күрделі технологияны жүзеге асыруға көп уақыт керек еді. Мартен пешінде отын ретінде газдар пайдаланылады. Отқа төзімді материалдан жасалған пешке алдымен шихта-болат сынықтары, темір кені, известь салынады да, пештің үстінен газ жіберіп, жағады. Газдың толық жануын қамтамасыз ету үшін алдымен оны

регенератор деп аталатын арнайы қондырғыда қыздырады. Металл сыныктары балқыған кезде пешке балқыған шойын құйылады. Сұйық шойын домна пешінен мартен пешіне миксер деп аталатын көлемді сауытпен жеткізіледі. Миксерде шойын сұйық қалпында сақталады. Осы мерзімде болат қорытушы бірнеше рет сабы ұзын шөмішпен пештен балқыған болатты іліп алып, заводтың экспресс-лабораториясына жібереді. Онда болат құрамында қанша процент көміртек, марганец, кремний, күкірт, фосфор т. б. элементтер бар екені лезде анықталады. Осыған орай болат қорытушы пешке қажетті элементтер қосады. Ең соңында болат пайдасыз қоспалардан және оттектен тазартылады. Ол үшін метал ваннасына алюминий, ферросилиций, ферромарганецтер қосылады. Болат қорыту бірнеше сағатқа созылады.

Өндірілген өнімнің сапалылығына байланысты мартен процесі болат өндірудегі негізгі технологияға айналды. Совет Одағында дүние жүзіндегі ең ірі мартен пештері бар. Солардың бірі — Кривой Рог металлургия заводында. Пештің сыйымдылығы 15 000 текше метр.

Машина жасау өнеркәсібінің, әскери техниканың дамуы болат пен шойынның көбірек өндірілуін ғана емес, болаттың арнайы мақсаттар талабына сай болуын да талап етті. Аса берік, коррозияға, үйкелістен тозуға, жылуға төзімді болаттың жаңа түрлері қажет бола бастады. Бұл күрделі мәселелердің жемісті шешілуі ғылым мен металлургия практикасының арасында тығыз байланыс болғанда ғана мүмкін еді. Осыған орай металлургия өнеркәсібінде ғылыми лабораториялар құрыла бастады.

* * *

Металдың ішкі құрылымын зерттеудегі алғашқы қадам табиғаттың сирек кездесетін, есте қаларлық көріністерінің бірімен байланысты болды. 1808 жылы 22 майда Штаннерн қалашығының маңайына темір метеорит түседі. Венадағы император сарайының минералогия кабинетінің директоры К. Шрейбер өзінің әріптесі, өндіріс бұйымдары кабинетінің директоры Алоис фон Видманштеткe метеоритті зерттеуді ұсынды. Видманштет зерттеулерінің қорытындысын Шрейбер 1820 жылы мақала етіп жариялайды. Бұл мақалада метеорит жарықшағын жылтыратып тегістеп, тұз қышқылымен өңдеген кезде лезде



1-сурет. П. П. Аносов.

немесе сәлден кейін темірдің құрылымы анықталатыны айтылған. Егер қышқыл әсері едәуір уақытқа созылса, онда темірдің үстіңгі бетінде бедер пайда болады. Бұл бедерді клише (кітапқа басылатын суреттің металдан немесе ағаштан ойылып жасалған бейнесі) ретінде пайдалануға болатыны жазылған. Видманштет зерттеген осы ірі бедерлі құрылым темір метеоритте ғана емес, сондай-ақ болат құймаларда, аса қыздырылған болатта да кездесетіні кейін анықталды. Болат құрылымының бұл түрі *видманштет құрылымы* деп аталып кетті. Металл құрылымын зерттеуде алдымен оны қышқыл немесе басқа да бір реактив арқылы анықтап алу бертін келе маңызды зерттеу тәсілі болды, мұны металлография деп атайды. Металл физикасын зерттеуде ғылыми-техникалық жаңалықтар кеңінен қолданылатын болды. Солардың арасында Рентген сәулесін айрықша айтуға болады.

Вильгелм Конрад Рентген (1845—1923) 1895 жылы көзге көрінбейтін сәуленің жаңа түрін ашты да, оны «икс-сәуле» деп атады. Қазір бұл сәуле ғалымның аты-мен *рентген сәулесі* деп аталады. Осы ғылыми жаңалығы үшін Рентген 1901 жылы Нобель сыйлығының лауреаты болды. Жаңа сәуленің табиғаты 1905 жылы анықталды. Содан бері рентген сәулесі ғылым мен техникада кеңінен қолданылуда. Рентген сәулесі металтану ғылымы, металл физикасында да елеулі орын алады. Кристалдар физикасының ерекшеліктерін анықтауға, металл құрылымын, кристалл торларының қалыптасу ерекшеліктерін зерттеуде рентген сәулесінің ролі зор болды. Ол осы күндері де металл зерттеуші ғалымдар қолында өте нәтижелі құралдардың бірі болып отыр.

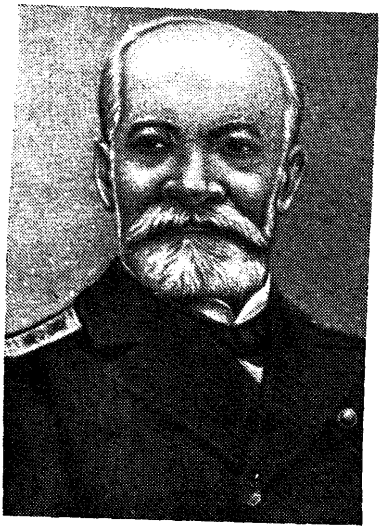
Ертедегі болат өндіру технологиясының кейбір тәсілдері әлі күнге дейін құпия. Әйтсе де осы технологияны

орыстың белгілі ғалымы, тау-кен инженері П. П. Аносов зерттеді. Аносовтың пікіріне қарағанда, көне дәуір шеберлері болатты арнайы жасалған шоқ ошақта темірді оттектен, күкірттен ажырату, оны көміртекпен қанықтыру және қорыту операцияларын бір циклде жүргізген. Қазіргі ұнтақ металлургиясы саласында бұл операциялардың әрқайсысының өзіндік технологиялық циклі бар.

Қазіргі металлургия — еңбек өнімділігі жоғары, өндірілетін заттың мөлшерін дәл етіп жасауға болатын, тексеру, бақылау аспаптарымен жабдықталған өндіріс саласы. П. П. Аносов металдардың қасиеті мен құрылысын зерттеуде дүние жүзінде тұңғыш рет макроскоптық және микроскоптық тәсілдерді қолданды. Басқаша айтқанда, П. П. Аносов металлография ғылымының негізін қалады, оның ғылыми еңбектері Россияда болат өндірісінің іргетасын қалаған еңбек болды.

Златоустовск заводында XIX ғасырдың 30 жылдарында П. П. Аносовтың басшылығымен өндірілген болат Англияда өндірілген болаттан сапасы асып, дүние жүзіне танылды. П. П. Аносовтың күрделі еңбектерінің бірі — оның 1828—1837 жылдары жүргізген болат жөніндегі зерттеуі. Бұл еңбек 1841 жылы сол кезде шығып тұрған «Горный» журналында «Болат туралы» деген тақырыппен жарық көрді. Мұнда П. П. Аносов ертедегі шығыс шеберлері өндірген, бірақ ол кезде сыры толық ашыла қоймаған дамаск болатының қасиетіне тоқталады. Оның қасиеті мен құрылымындағы байланысты анықтауға талпынады. Бұл заңды да еді. Дамаск болатынан жасалған қылыш әрі иілгіш, әрі берік, әрі қатты болып келеді. Ондай қылыштың жүзі темірге тисе де қайтпай, доғаша иіліп сынбайды. Қылыштың өткірлігі соншалық, жеңіл жібек орамалды оның үстіне баяулатып көлбей тастай салғанда, екіге бөліп кетеді. Дамаск болатынан жасалған қылыш, қанжарлар осы күндері де музейлерде (мысалы, Ленинградтағы «Эрмитажда») кездеседі.

Ертедегі уақыттан біздің заманымызға дейін болаттың отыз шақты түрінің аты сақталып келген. Болаттың бір ерекшелігі — сырты теп-тегіс, жылтыр болмай, өрнекті болып келеді. Ертедегі адамдар болаттан жасалған қаруды өрнегіне, түсіне және сәулеге шағылысқан-



2-сурет. Д. К. Чернов.

дағы құбылуына қарап оның сапасын анықтайды екен.

Аносов болатты зерттеу нәтижесінде болаттың өрнектері мен қасиеттерінің арасында тікелей байланыс бар екені туралы бірден бір дұрыс тұжырымға келді. Ол тек болат қана емес, жалпы металл қорытпаларының қасиеті олардың ішкі құрылысына тығыз байланысты деп дұрыс түсінген. П. П. Аносовтың зерттеу жұмыстарының негізгі тәсілі — металл қорытпаларының ішкі құрылыстарын зерттеу, олардың өзара байланысын анықтау, бұл байланыстың негізгі заңдылықтарын ашу болды. П. П. Аносов металл қорытпаларының қасиеті олардың кристалдану жағдайына байланысты деп түсінді. Бұл заңды да еді. Өйткені құймалардың ішкі құрылысы олардың кристалдану процесінде қалыптасады.

Россияда болат құю өндірісінің дамуына атақты ғалым Д. К. Чернов (1839—1921), Н. В. Калакуцкий (1831—1889), А. А. Ржешотарский (1847—1904) зор үлес қосты. Бұған сол кезде қоғам дамуындағы негізгі оқиғалар басты себеп болды.

Д. К. Чернов балқытылған металдың кристалдану процесіндегі негізгі ерекшеліктерін ашты. Ол металл құймаларының ішкі құрылысы біркелкі болмай, түйіршікті және ол түйіршіктердің кристалдану жағдайына байланысты әр түрлі форма мен мөлшерде, ірілі-уақты болып келетінін анықтады. Металл қорытпаларының қасиеттері осы түйіршіктердің мөлшері мен формаларына тікелей байланысты екенін, сондай-ақ болаттың ішкі құрылысында белгілі бір температурада өзгерістер болатынын және осыған орай оның қасиетінің де айрықша өзгеріске ұшырайтынын көрсетті. Ол бұл температураны аумалы кезең (критикалық нүкте) температурасы деп атады. Черновтың ашқан бұл заңдылығы болат өндіру

ісінде теңдесі жоқ ғылыми жаңалық еді. Қазіргі уақытта машина жасау өнеркәсібінде кеңінен қолданылып жүрген термоөңдеу процесі, яғни дайын болған бөлшектерді белгілі бір температураға дейін қыздырып, тиісті жылдамдықпен суыту арқылы оның қасиетін өзгерту Д. Қ. Чернов ашқан «аумалы кезең» температурасына байланысты. Д. Қ. Черновтың ғылыми еңбектері болат металлургиясын дамытудың негізін қалады, бұл салада шешуші роль атқарды. Д. Қ. Чернов металлургия ғылымы негізін қалады. Дүние жүзі ғалымдары оны көзінің тірісінде-ақ «металлургияның атасы» деп атады.

Термоөңдеу тәсілінің машина жасау өндірісінде маңызы өте зор болғандықтан, оған біраз тоқтала кетейік.

Егер болатты қызарғанша қыздырып алып суға батырып суытса, оның қаттылығы мен беріктігі бұрынғыдан да арта түседі. Болатты осылайша термоөңдеу шынықтыру деп аталады. Шынықтыру — болат өңдеу өндірісінде ежелден белгілі тәсіл. Егер болат құрамында көміртек өте аз болса, онда болат шынықпайды. Құрамында көміртек 0,2 проценттен аз болатты шынықтырғанмен қаттылығы, беріктігі онша артпайды. Шынықтырудың мәні неде?

Таза темірдің бір ерекшелігі, ол 911°С-тан жоғары қыздырғанда кристалл торының көлемі центрленген куб түрінен жақтары центрленген куб түріне ауысады. Темір құрамына көміртек қосылған жағдайда бұл құбылыс 723°С градуста басталады. Кристалл торы көлемі центрленген, яғни α — темірде көміртек 0,02 процент шамасында қатты ерітінді құрайды. Ал γ — темірде қатты ерітінді түрінде жоғары температурада 2 процентке дейін көміртек болады. Бұл қатты ерітінді. Осы салада нәтижелі зерттеулер жүргізген ағылшын ғалымы У. Робертсон Остеннің есімімен *аустенит* деп аталады (орысша және немісше транскрипциясында Аустен). Температура төмендеген сайын γ — темірдегі қатты ерітінді түрінде қалыптасқан көміртек мөлшері төмендей береді. Егер болат баяу суытылса, артық көміртек бөлініп үлгереді, ол темірмен химиялық қосынды түзейді, цементит қалыптасады. Осының нәтижесінде болат құрылымында феррит пен цементит орын алады. Болат өте тез суыған жағдайда аса қаныққан қатты ерітіндіден көміртек бөлініп үлгермейді. Төменгі температураға тән α — темір кристалл торында шамадан артық көміртек орналасады. Осының

нәтижесінде куб кристалл торының формасы өзгеріп, ол табаны квадрат тік бұрышты призма формасына көшеді. Шыныққан болаттың құрылымы баяу суытылған болаттай феррит пен цементит аралас емес, кристалл торының формасы өзгерген γ — темірдің аса қаныққан көміртекті қатты ерітіндісі болып қалыптасады. Болаттың бұл құрылымы осы бағытта жемісті зерттеулер жүргізген неміс ғалымы А. Мартенстің (1850—1914) құрметіне *мартенсит* деп аталады. Шыныққан болат қасиетінде елеулі олқылық та бар. Ол оның морттығы, созымталдығының төмендігі. Болатты шыныктыру үшін Д. К. Чернов ашқан аумалы кезең температурасынан жоғары қыздырып, тез суыту керек. Ал созымталдығын арттыру үшін болатты белгілі бір температураға дейін (бірінші аумалы кезең температурасынан төмен) қыздырып, осы температурада белгілі бір уақыт ұстап, одан кейін ауада суытады. Термоөңдеудің бұл тәсілін ауыл ұсталары болаттың суын қайтару деп атайды. Осылайша термоөңдеу нәтижесінде болаттың созымталдығы артады, қаттылығы төмендейді, июге, соғуға, қақтауға, созуға келмейтін морт сынғыш болат пластикалық өңдеуге жарайтын материалға айналады. Термоөңдеудің бұл түрін болатты босаңсыту деп атайды. Көп жағдайларда болатты шыныктыру мен босаңсыту процестері қатар жүргізіледі. Шыныққан болатты ізінше босаңсытады. Болатты осылайша термоөңдеу *термиялық жетілдіру* деп аталады.

Термоөңдеу тәсілдерінің түрлері көп. Олардың көпшілігі металды өңдеуде ертеде-ақ қолданылған. Кейбір тәсілдер соңғы кездерде ашылып пайдаланылуда. Осындай термоөңдеудің нәтижелі жаңа тәсілдерінің бірі термомеханикалық өңдеу. Мұнда металды пластикалық деформациялау мен термоөңдеу қатар жүргізіледі. Осылайша өңдеу металды термоөңдеудің жеке тәсілінің қайқайсынан болса да жоғары әрі үйлесімді нәтиже береді. Болатты термоөңдеу тәсілі ұзақ ғасырлар ішінде бастапқы қарапайым жолдардан қазіргі ғылыми негізде жасалған технологиялық процестерге жетті. Термоөңдеу технологиясының дамуы әлі де жетілдірілуде. Ғалымдар мен инженерлер термоөңдеу тәсілдері арқылы болат қасиетінің нақты мақсат пен талаптарға үйлесімді болып қалыптасатын жолдарын іздестіруде. Бұл — тек болат қана емес, барлық металдарды игеруге тән ізденіс.

Сондықтан да металдарды термоөңдеу технологиясының мүмкіндіктері кеңейе түсуде.

Металдардың қасиеті олардың кристалдық құрылымына және құрамына тығыз байланысты екендігі белгілі. Ал металдардың кристалдық құрылымы температураның өзгеруіне байланысты өзгеріп отыруы мүмкін. Металл қорытпаларының ішкі құрылымы да температураға байланысты өзгеріп тұрады. Температура неғұрлым жоғары болса, қорытпа құрамындағы элементтердің қатты ерітінді мөлшері соғұрлым мол болады. Ал температура төмендеген сайын қатты ерітінді ыдырап, оның құрамындағы элементтер белгілі мөлшерде айрықша қоспа ретінде бөлініп шығады. Температураға, металл қорытпаларының құрылымы мен құрамының өзгеруіне байланысты олардың қасиеті де өзгереді. Болаттың негізі темір болғандықтан оның кристалдық торы темірмен бірдей. Темірдің кристалдық торы температураға байланысты екі түрлі болатынын жоғарыда айттық. Темір 910 градусқа дейін көлемі центрленген куб кристалды болады да, альфа (α)— темір деп аталады. Ал 910 градустан жоғары темір кристалы жақтары центрленген куб болады. Мұны гамма (γ)— темір дейді. Температураға байланысты болаттың да кристалл торы альфа-темір немесе гамма-темір негізінде өзгереді. Бұл екеуінің құрамы да өзгеше болып келеді. Гамма-темір негізіндегі болаттың құрамында қатты ерітінді түріндегі көміртегі 723 градуста небары 0,8%, ал 1 130 градустағы мөлшері 2% болады. Болат құрамындағы ерітінді түріндегі көміртегінің мөлшері температураға байланысты осылайша өзгереді. Сапалы болаттарды да шынықтыру арқылы беріктігін 2-2,5 есе арттыруға болады. Термоөңдеудің бір қолайлы жағы технологиялық операциялардан соң да металдың беріктігін, қаттылығын арттыруға болады. Осындай мүмкіншілік жоқ жағдайда механикалық қасиеттері жоғары машина детальдарын жасау аса қиынға соғар еді. Металл қорытпаларының, сондай-ақ бұлардан жасалған машина детальдарының сапасын жақсартуда термоөңдеу кеңінен тараған тәсіл. Бұл тәсіл қазіргі машина жасау өндірісінің барлық салаларында кеңінен қолданылуда. Машина бөлшектерінің термоөңдеуден өтпейтіні бірен-саран ғана.

А. С. Лавров пен Н. В. Калакуцкий болат құйманың құрылымы мен қасиетін зерттеумен ұзақ жылдар шұғылданды. Олар тұңғыш рет болат құйманың көлденең ке-

сіндісінің химиялық құрамы тұрақты болмайтынын анықтады. *Ликвация* деп аталатын бұл құбылыс тек болат, шойын құймаларында ғана емес, басқа металл қорытпаларында да кездеседі әрі құйманың сапасына да әсер етеді. Ликвацияның пайда болуы балқыған металдан кристалдардың өсу ерекшелігіне байланысты. Ғасырлар бойы қалыптасқан технологияға сәйкес металл өндіру оларды балқыту, содан кейін арнайы қалыпқа құйып, кристалдандыру тәсілімен жүргізіледі. Балқыған металл аумалы кезең температурасынан сәл төмен суытылған кезде кристалдану процесі басталады. Алдымен кристалл түйіндері қалыптасады, осы түйіндерден кристалл өсе бастайды. Бұларды *кристалдану орталықтары* деп атайды.

Қейде металл құймаларында сырт көрінісі ағаштың бұтағы тәрізді құрылым пайда болатынын металлургтер ертеде-ақ байқаған. Металл кристаллиттерінде жуандау келген негізгі бағаннан бұтақ тәрізді тармақтар жанжаққа бағытталып өседі. Бағанның өсу бағытымен қарағанда оның ұшы түбінен гөрі жіңішкелеу және бұтақшалары да қысқа болып келеді. Мұндай кристалдар кішкентай ағашқа, әсіресе қарағайға ұқсайды. Осындай сырт пішініне орай мұндай кристалдарды *дендрит* («дендро»— ағаш деген грек сөзі) деп атайды. Металдың осылайша өсуі олардың кристалл құрылысына тәуелді. Балқыған металда кристалдың өсу жылдамдығы әр бағытта әр түрлі болады, яғни кристалдар қасиеті анизотропиялы. Өсу жылдамдығы жоғары қарай бағытталғанда кристалдың негізгі бағанасы қалыптасады. Өсу жылдамдығы кем бағыттарда кенже қалған бұтақшалар өседі. Балқыған металл көлемі жеткілікті жағдайда бірінші бұтақшалардан екінші, үшінші бұтақшалар өсіп, содан кейін олардың арасы толып, жымдасып кетеді. Ал, балқыған металл көлемі жеткіліксіз жағдайда бұтақшалар арасы толмай, олар ағаштың бұтақтарындай тарамдалған қалпында қалып қояды. Мұндай дендриттер әдетте құйма қуысында, кеуегінде болады. Жоғарыда айтылған болат құйманың көлденең кесіндісінде оның химиялық құрамының тұрақты, біркелкі боп қалыптасуы да металл кристалдарының дендритіне байланысты.

Алғашқы қалыптасқан дендрит тарамдары балқу температурасы жоғары элементтерге молынан қанығады. Температура төмендеген сайын балқыған, сұйық қорытпа құрамында балқу температурасы төмен элементтер

үлесі өседі. Сондықтан дендриттің ең соңғы қалыптасқан тарамдары жеңіл балқитын элементтерге әбден қанығады. Құйма құрамының осындай ерекшелігін болатты өңдеген кезде ескермеуге болмайды.

Металдар туралы ғылым — металлографияның қалыптасуы П. П. Аносов пен Д. К. Черновтың есімдерімен тығыз байланысты дедік. XIX ғасырдың аяқ кезінде бұл ғылымның одан әрі дамуына орыстың көрнекті ғалымы А. А. Ржешотарский (1847—1904) де зор үлес қосты. Ол өмір сүрген кезең — Россияда крепостнойлық право жойылып, өнеркәсіп дами бастаған кез еді. Бұл кезде Россияда әскери кеме жасау және темір жол салу ісі өріс алды. Осыған байланысты жоғары сапалы болаттарды көптеп өндіру қажеттігі туды. Бұл проблеманы шешу жолында металлургтердің алдында негізінен екі қиыншылық тұрды. Оның бірі болат қасиеттерінің жеткілікті зерттелмеуі, екіншісі, металлургия процестерінің күрделілігі еді. Бұл қиыншылықтардан шығу үшін П. П. Аносов пен Д. К. Черновтың еңбектеріндегі негізгі екі жаңалықты: металдар құрылысын микроскоппен зерттеу және аумалы кезең температурасының негізінде металдар қорытпасын термөңдеуден өткізуді завод практикасында кеңінен қолданып, оны одан әрі дамыту керек еді. Бұл салада А. А. Ржешотарский қажырлы еңбек етіп, асқан табандылық пен шеберлік көрсетті. Оның «Темір, болат және шойындарды микроскоппен зерттеу» (1898) деген еңбегі Россия металл өндірісінің дамуына күшті ықпал етті.



3-сурет. А. А. Ржешотарский.

А. А. Ржешотарский 1899 жылдан Обухов (қазіргі Большевик) заводында бас металлург болып істеп, 1902 жылдан кейін оған қосымша Петербург политехникалық институтының металлургия кафедрасын басқарды. Сөй-

тіп ол жоғары білімі бар металлург кадрлар дайындауға өз үлесін қосты. А. А. Ржешотарский түрлі термоөңдеу тәсілдерінде болаттың ішкі құрылымының өзгеру ерекшеліктеріне және осы өзгерістерге, болат құрамына басқа элементтер қоспаларының ететін әсеріне аса көңіл бөлді. Бұл саладағы оның еңбегі қоспалы болат (легирленген болат) өндіру теориясы мен практикасына қосылған елеулі үлес болды. Ол кезде болат құрамына марганец, кремний және тағы басқа бірнеше элементтер қосатын. Кейіннен болат құрамына оның кейбір қасиеттерін жетілдіре түсу, айрықша қасиет беру мақсатымен арнайы элементтер қосу тәсілі игерілді. Қазіргі болаттар негізінен легирленген болаттар және бұл мақсатта өндіріліп жүрген металдар түгелдей дерлік пайдаланылады. Кей жағдайда болат құрамына екі-үш, тіпті бес-алты элемент бірдей қосылады. Қазір тек болат емес, барлық металл қорытпасының сапасын арттырудың негізгі екі тәсілі бар. Олар: термоөңдеу және қоспа құрамына аз мөлшерде басқа элемент қосу.

Егер XIX ғасырдың ортасында өндірісте болаттың небары екі-үш түрі қолданылса, XX ғасырдың 20-жылдарында бұл сан 10—15-ке дейін өсті. Ал 1940 жылдары болат түрлері 500-ден асты. Қазіргі кезде жыл сайын болаттың ондаған түрлері өндіріліп, сонымен қатар, бұрыннан белгілі болаттардың сапасы жетілдіріле түсуде.

Болат сапасының үздіксіз жетілдіріліп отыруына мынадай мысал келтіруге болады. 1840 жылы Англияда салынған «Британия» көпірі мен 1890 жылы Енисей өзеніне салынған темір жол көпірінің ұзындықтары бірдей. Бірақ Енисей көпірінің салмағы «Британия» көпірінен екі есе жеңіл, ал жүк көтеру қабілеті 1,5 есе артық. Бұл жоғарыда аталған екі көпір құрылысы арасында өткен 50 жыл ішінде болаттың сапалық қасиетінің едәуір жоғары дәрежеге көтерілгендігінің нәтижесі.

Сапалы болаттардың қай-қайсысы болса да құрамында арнайы қосылғыш элементтер бар легирленген болаттар. Болаттың қасиеті оның құрамындағы көміртегінің аз-көптігіне байланысты. Көміртегі көбейген сайын болаттың қаттылығы мен беріктігі артады да, созылғыштығы мен тұтқырлығы төмендейді. Сондай-ақ болаттың шынығу қабілеті де құрамындағы көміртекке байланысты. Болат құрамында көміртек 0,1—0,3 процентten аспаса, онда ол жұмсақ болат деп аталады. Мұндай болаттар жұмсақ, әрі созылғыш, әрі иілгіш боп келеді және олар-

ды пісіру, газбен (автогенмен) кесу, станоктарда өңдеу жеңіл. Бірақ жұмсақ болаттар шынықпайды. Бұлардың беріктігін, қаттылығын, яғни қасиетін термоөңдеу арқылы тиісті дәрежеде арттыру мүмкін емес. Жұмсақ болаттардан кескіш аспаптар (пышақ, егеу, т. б.) жасауға болмайды, себебі олардың жүзі тез жапырылып қалады. Ауыл ұсталары болаттың бұл түрін жұмсақ темір деп атайды. Халық арасында ертеден келе жатқан «өтпейді жұмсақ темір қайрағанмен» деген сөз де бар.

Құрамында 0,4—0,7% көміртек бар болаттың беріктігі жоғары және серпінді, едәуір қатты болып келеді. Бұларды шынықтырып, беріктігі мен қаттылығын едәуір арттыруға болады. Бұлар машина жасау өндірісінде, әр түрлі конструкцияларда қолданылады. Сондықтан олар да *конструкциялық болаттар* деп аталады.

Құрамында 0,7 процентten артық көміртек бар болаттар шынықтырылған соң өте қатты болып шығады. Бұлардан негізінен металл өңдеуге қолданылатын аспаптар жасалады да, олар *аспаптық болаттар* деп аталады. Аспаптық болаттардың пайдалы қасиеті — үйкелістен тез тозбайды.

Машина жасау өндірісінің сан-алуан талаптарына сай материалдар негізінен көміртекті болаттар болып табылады. Алайда техника мен өндірістің даму дәрежесіне байланысты туатын қажеттіліктің бәрін тек көміртекті болат металы қанағаттандыра алмайды. Осыған орай көптеген ғылыми ізденістер нәтижесінде болат сапасын оның құрамына басқа элементтер қосу арқылы арттырып, қосымша нәтижелер алуға да қол жетті. Мұның индустрияның дамуы үшін мәні зор. Бірнеше мысалдар келтірейік. Машиналардың қайсысын алсаңыз да, олар мөлшері, формасы әр түрлі бөлшектерден тұрады. Яғни машина жасау үшін металдарды кесу, жону, ию, тесу арқылы оларды тиісті мөлшер мен формаға келтіру керек. Сондай-ақ машиналардың мүлтіксіз, тез жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін және оларды жұмыс кезінде жеңіл басқарып, қажет кезінде істен шыққан бөлшектерді оңай ауыстырып, жөндеп қайтадан салу үшін машина бөлшектері өзара тиісті дәрежеде дәлдікпен ұштастырылып, жалғастырылуы, байланыстырылуы шарт. Бұл мақсат та оларды кесу, жону, тесу және басқа тәсілдермен өңдеу арқылы орындалады. Кесу жұмысы неғұрлым тез жүргізілсе, аспаптар да тез қызады. Қызу әсерінен болаттың қаттылығы мен беріктігі төмендейтіндіктен кесу жұмыс-

тарын белгілі шектен артық жылдамдықпен жүргізуге болмайды. Көміртекті болаттан жасалған кескіш аспаптар металдарды минутына 5 метрлік жылдамдықпен өңдей алады.

Болатты болат аспаптармен өңдейді. Машина бөлшектерін жасауда қолданылатын кескіш, тескіш, жонғыш аспаптар және болатты штамптау, соғу, кесу арқылы өңдейтін аспаптар —штамп, балға, прокаттаушы валоктар да болаттан жасалады.

Болат ірі құрылыстарда XIX ғасырдан бастап пайдаланыла бастады. Көпшілікке мәлім, Москвадағы ГУМ 1889—1893 жылдары архитектор Померанцевтің жобасымен салынған. Үйдің төбесіндегі болат конструкцияның жалпы салмағы 834 тонна.

Темірден осындай салмағы мен көлемі орасан зор құрылыстармен қатар, нәзік, ұсақ өмірде өте қажетті заттар да жасалады. Мысалы, қаламұш. Темір қаламұшты 1748 жылы Германияда Ахенс бургомистрінің қызметшісі ойлап тапты. Алайда темірден қаламұшты жасау XVIII ғасырдың аяқ кезінде Мюнхенде (Бавария) басталды. Алғашқы қаламұштар тым қатты, иілгіштігі нашар еді. 1792 жылы ағылшын Перри қаламұшты ұзынынан бөліп, оның ұшын доғалау етіп шығарды. Содан кейін қаламұш бұрынғысынан иілгіш, жазуға ыңғайлы болды. Қазіргі автоқаламдардың ұшы тозбайтын қатты металдармен дәнекерленген. Олардың ұшы негізінен екі түрлі. Біріншісі тотықпайтын болаттан, екіншісі алтыннан, атап айтқанда, алтынның күміспен қорытпасынан жасалады. Тотықпайтын болаттан жасалған қаламұш екі жылға жетеді, ал «алтын» қалам 6—10 жыл жазуға шыдайды.

Француз Я. Хольтцер снаряд өндіруде, броня жасауда хроммен легирленген болатты пайдалануды ұсынды. Осы кезде АҚШ-та Пенсильвиния штатының ірі қаласы Филадельфияда «Бетлехем Стил» фирмасының болат қорыту заводында Фредерик Тэйлер мен Монсель Уайтт вольфраммен легирленген болатты хроммен қосымша легирледі. Құрамында 18 процент вольфрам, 4 процент хром бар болаттың сапасы айрықша болып шықты. Әсіресе металл өңдеуде қолданылатын кескіш аспаптар жасауда бұл болат өте тиімді еді.

Ағылшын металлургы Роберт Мюшет 1864 жылы тұңғыш рет болат құрамына 5 процент вольфрам қосты. Одан жасалған кескіш аспаптар металл өңдеуді минуты-

на 7,5 метр жылдамдықпен жүргізуге мүмкіндік берді. Бұл жаңалық машина жасау өндірісінің дамуына зор ықпал етті. Олай болмай қайтсін. Жоғарыда айтылған болаттан жасалған кескіш аспаптарды пайдалану металл өңдеудегі еңбек өнімділігін бірден біржарым есе өсірді. Сол кездегі металлургтер вольфрамды «болаттың ұлы өзгерткіші» деп атады. Қазіргі ауыр индустрияның іргетасы — сапалы болат өндірудегі ең жемісті қадам осылай басталған.

Содан бергі ғасырдан артық уақыт ішінде индустриясы дамыған барлық елдерде сапалы болаттың жаңа түрін іздестіру үздіксіз жүргізілуде және бұл ізденістер тамаша нәтижелер беруде. Роберт Мюшеттің алғашқы нәтижесінен кейін арада 40 жыл өткен соң келесі бір елеулі қадам жасалды. Құрамында 8 процент вольфрам бар *ұшқыр-кескіш болат* деп аталған жаңа сапалы болат өндірілді. Ұшқыр-кескіш болаттардан жасалған аспаптар минутына 18 метр жылдамдықпен металл кесуге мүмкіндік берді. Легирленген болат өндірудің техникалық мәні зор екеніне көзі жеткен металлургтер, енді осы бағытқа ерекше назар аударды. Арада 6 жыл өткенде минутына 30—35 метр жылдамдықпен металл кесуге шыдайтын аспаптық болаттар өндірілді. Сөйтіп 50 жылға жетпейтін мерзім ішінде металл кесу минутына 5 метрден 35 метр жылдамдыққа жеткізіліп, машина жасау өндірісінің қарқыны өсті. Бұл вольфрамның болат сапасына *тигізген пайдалы әсерінің* тікелей нәтижесі еді. Аз мөлшердегі вольфрам қоспасы болат сапасына осыншама *әсер* етсе, *онда* вольфрамның өзін немесе вольфрам негізіндегі қорытпалар қолдану аса нәтижелі болмас па еді деген ой туады. Олай болуы әбден мүмкін. Алайда вольфрамның аз шамада өндірілуіне байланысты техникалық қорытпалардың вольфрам негізінде өндірілуі мүмкін емес еді. Оның бер жағында негізгі металл — темір қорытпаларының бай қоры әлі сарқылмағандықтан, индустрия негізін басқа металға ауыстырудың қажеті жоқ та еді. Сондықтан болат құрамына жаңа элементтер қосу арқылы оның сапасын арттыру, осыған орай техниканың жаңа талаптарына сай металдарды сапалы болаттар қатарынан іздеу негізгі бағыт болды. Сөйтіп тамаша жаңа қасиеттері бар болаттар саны көбейді. Олар өндіріс пен құрылыстың, техниканың барлық салаларында негізгі материалға айналды. Құрамына молибден, хром, ванадий қосу арқылы ыстыққа төзімді болаттар өндіріл-

ді. Олар бу қазанының төзімділігін, бу қысымы мен температурасын жоғарылатуға жол ашты. Бұл мүмкіншіліктің мәні қаншалықты зор екенін көзге елестету үшін бумен жүретін машиналардың техника дамуында ерекше орын алып келгенін еске алайық.

Жай болаттар қыздырған кезде тотығады. Олар теңіз суында, әр түрлі қышқылдарда, дымқыл ауада коррозияға оңай шалдығады. XX ғасырдың бас кезінде, кейбір мәліметтерге қарағанда, өндірілген барлық болаттың төрттен бірінен үштен біріне дейіні коррозияға шалдығу (тотығу) зардабынан ысырап болған. Осынша мол ысыраптан құтылу үшін коррозияға төзімді болат іздестіру ісі күн тәртібіне қойылды. Көп ұзамай-ақ егер болат құрамына белгілі мөлшерде хром мен никель қосса, онда болаттың коррозияға төзімділігі артатыны анықталды. Сөйтіп, тотықпайтын болат деп аталған болаттың жаңа түрін өндіру технологиясы игерілді.

1912 жылы Фридрих Крупп фирмасының лабораториясында істейтін зерттеушілер — профессор Штраус және доктор Маурер маркасы «2А» деп белгіленген болаттың тәжірибелік үлгісін сынаудан өткізді. Бұл болат 1 000 градустан жоғары қыздырылып, суда шынықтырылса, ауада тотықпайтын кейбір қышқылдарда да тотығуға қарсы тұрақты болып қалыптасады екен. Тотықпайтын болат деп аталған бұл болаттың құрамында 18 процент хром, 8 процент никель бар. Бүгінгі күні де болаттың бұл маркасы негізгі тотықпайтын болат боп есептеледі. Никельмен легирленген болат жайлы тұңғыш хабарды 1889 жылы Англияда жыл сайын өтетін қара металлургия сессиясында Глазго қаласының инженері Джон Райли жасады. Бұл кезде өндірісі дамыған елдер арасындағы техникалық бәсеке өрши түскен. Никельмен легирленген болат өндіру Франция, Россия, Германияда өріс ала бастады. Тотықпайтын болат теңіз суында, бірқатар агрессивтік орталарда коррозияға шалдықпайды. Олар тіпті ауада 700-800 градусқа дейін қыздырғанша тотықпайды, ал тотыққан кезде де өте баяу тотығады. Осындай тотықпайтын болаттан ас қасық, шанышқы, пышақ және басқа да ыдыстар жасалады.

Машина бөлшектері жұмыс кезінде бір-бірімен қауырт үйкелісте болғандықтан тез тозып істен шығып қалып жатады. Сондықтан конструкциялық материалдардың арасында үйкеліске төзімді қорытпалар болғаны өте қажет. Осы бағыттағы зерттеулер, егер болат құрамына

марганец қосылса, онда болаттың үйкеліске төзімділігі артатының анықтады. Осындай үйкелістен тозуға төзімді болаттардың бірнеше маркалары бар. Солардың ішінде *гадфильд болаты* жайлы айта кеткен артық болмайды.

Легирленген болат өндіруді зерттеушілердің бірі — ағылшын Роберт Абот Гадфильд (1858—1940). Ол болатты әр түрлі элементтермен легирледі. Солардың ішінде құрамына 12 процент марганец қосылған болат сәтті шыққан. Бұл болат қара металлургия тарихында гадфильд болаты деген атпен қалды.

Гадфильд болатының бір ерекшелігі — ол аса қатты емес. Оны әр түрлі тәсілмен және әр түрлі аспаптармен өңдеуге болады. Ал үйкеліс әсерінен болаттың бұл түрінің беткі қабатының қаттылығы шұғыл түрде арта бастайды. Гадфильд болаты өзінің осындай қасиеті нәтижесінде жұмыс кезінде үйкеліс күшейген сайын белгілі бір шекке дейін қатая түседі де, оның үйкеліске қарсы тұрақтылығы артады. Ол сейфтер жасауға өте қолайлы материал.

Көп жағдайларда металдың ішкі қабаты жұмсақ, үстіңгі қабаты қатты болуы шарт. Мұндай қасиетті болатқа да дарытуға болады. Химиялық термоөңдеу арқылы жұмсақ болаттың қыртысы тиісті мөлшерге дейін көміртек, азот немесе көміртекпен және азотпен бірдей қанықтырылады. Бұл мақсатта көміртек пен азоттан басқа элементтер де қолданылуы мүмкін. Осындай өңдеудің нәтижесінде сырты қатты болып қалыптасып, өзегі жұмсақ болаттың қалпында қалады. Машинаның негізгі бөлшектері ванадий қосылған болаттан жасалады.

Болат өндірудің дамуына байланысты ірі кемелер жасау да өріс алды. 1936 жылы Англияда сиымдылығы 77 500 т. жолаушылар кемесі «Куин Мери» жасалды. Оның ұзындығы 314, ені 36, бортының биіктігі 21 метр еді. Кеменің корпусы беріктігі жоғары болаттан, ал астыңғы бөлігі тотықпайтын болаттан жасалған. Кеме 2 300 жолаушы алатын. Экипажы 1 200 кісіден тұратын кеменің 14 палубасы, 35 салоны мен ресторан, 35 лифті болған. «Куин Мери» 30 жыл бойы жолаушы таситын кемелердің ішіндегі ең ірісі болып келді. Соңғы жылдары мұндай жолаушылар таситын кемелер жасала бастады. 1954 жылы Жапонияда ірі танкер — мұнай тасуға арналған кеме жасалды. Ол 45 000 тонна жүк көтерді. Көп ұзамай Жапонияда 130 000 тонналық «Ниссо Мару»,

150 000 тонналық «Токио Мару», 205 000 тонналық «Иделищу Мару» танкерлері жасалды. 1968 жылы Жапонияның Нагасаки қаласында 276000 тонналық танкер жасалды. Оның ұзындығы 346 м, ені 53 м, биіктігі 32 м.

Көп жағдайларда қолданылатын материалдардың айрықша физикалық қасиеттері болуы шарт. Сондай шарттардың бірі — металдың магниттік қасиетінің болмауы. Түсті металдар — мыс, алюминий және олардың қорытпаларының магниттік қасиеті жоқ. Алайда олар да үнемі талап тұрғысынан шыға бермейді. Себебі олар онша берік емес, әрі қымбат. Осындай жағдайда техника қажетін легирленген болаттар өтейді. Болат құрамына никель мен марганец қосылса, оның магниттік қасиеті толық дерлік жойылады, бірақ механикалық қасиеттеріне нұқсан келмейді. Кейбір жағдайларда мұның мәні өте зор. Электр энергиясын пайдалануда әр түрлі трансформаторлар қолданылады. Олардың білігін және басқа да бөлшектерін кремний қосылған болаттан жасайды. Бұларды динамикалық немесе трансформаторлық болаттар деп атайды. Совет Одағында трансформаторлық болаттар өндіретін арнайы металлургия заводы Берх-Шетскеде салынған.

Болат сапасын арттырудағы қол жеткен елеулі табыстарға қарамастан, оның сапасын одан әрі жақсарту күн тәртібінен түспек емес. Бұдан бірнеше жыл бұрын бу қазандарындағы бу қысымының шегі 125 атмосфера болатын. Қазір бу қысымы 250 атмосфера, температурасы 580-600 градусқа жетті. Бұл — болаттың қызғылт түске дейін қыздырылу температурасы. Әдеттегі көміртекті болаттың жоғарыда көрсетілген температурада беріктігі әжептәуір төмендейді. Сондықтан бу қазандары мен қондырғыларында 580-600 градустық ыстықта беріктігін сақтайтын болат керек. Мұндай болаттардың бұрынғы талаптарға сай түрлері жарамай қалды. Сондықтан болаттың жоғарыда айтылғандай үлкен қысым мен жоғары температураға төтеп бере алатын жаңа түрлері табылды.

Болат пен шойын темір мен көміртектің қоспасы екенін жоғарыда айтып өттік. Олардың арасындағы айырмашылық құрамындағы көміртегінің мөлшеріне байланысты. Болаттың құрамында көміртек 2 процентке дейін, шойында 2 проценттен артық болады.

Темірде екі процентке дейінгі көміртек қатты ерітінді құрайды. Жоғарыда айтылған шамадағы көміртек темір

қасиетіне елеулі әсер еткенмен, айрықша қосынды рөлінде бөлінбейді. Ал егер, темір құрамында көміртек 2 процентten артса, онда ол түгелдей темір кристалл торына орналаса алмайды да, өз алдына оқшау графит немесе темірдің көміртекпен қосындысы темір карбиді формасында қалыптасады. Ішкі құрылымдарының айрықша болуына сәйкес болат пен шойынның қасиеттерінде де айырмашылық бар. Болат берік, әрі қатты болуымен қатар созымтал, оны прокаттау, созу арқылы әр түрлі формада өзгертуге болады. Ал шойын болса, өте қатты, морт, созымталдығы төмен.

Шойын болаттан қатты және морт, омырылғыш болғандықтан оны соғу, созу, жону, кесу тәсілдерімен өңдеу де өте қиын. Сондықтан шойыннан көбінесе құйма бөлшектер өндіріледі. Дүние жүзіндегі ең көркем қалалардың бірі Ленинградтың көпірлерінде, парктерінде, сарайларында сәнді өрнектері бар шойыннан құйылған торлар мен шарбақтар жиі кездеседі. Айрықша көркем құймалардың бірі қазіргі кезде Свердловск қаласының «Картина галереясында» тұрған шойын павильоны. Бұл құйма — Касли заводы шеберлерінің тамаша туындысы. Шойын павильоны 1900 жылы Парижде Дүниежүзілік көрмеде ең жоғары жүлде — үлкен алтын медаль және хрусталь жүлде —«Гран-приді» жеңіп алған.

Шойын темір мен көміртектің қаныққан немесе аса қаныққан ерітіндісі болғандықтан оның беріктігі жоғары. Ал кристалдар арасындағы көміртек қосымша кернеу туғызады да шойынның қаттылығын арттырады. Ерітіндіге кірмеген көміртек шойында бос графит немесе темір мен көміртектің химиялық қосындысы — цементит түрінде болады. Бұл жағдай шойын қасиетіне елеулі әсер етеді. Құрамындағы көміртек графит түрінде қалыптасқан шойынның омырылған жерінің түсі сұр болады. Сондықтан мұндай шойын сұр шойын деп аталады. Құрамындағы көміртек цементит құраған шойын ақ шойын деп аталады. Оның омырылған жерінің түсі сұр шойыннан гөрі ашығырақ болып келеді. Әдетте металдың көміртекпен қосындысы — карбидтер өте қатты болады. Цементиттің де қаттылығы жоғары. Сондықтан ақ шойын сұр шойыннан қатты келеді. Оларды кескіш аспаптармен өңдеуге болмайды.

Сұр шойында графит әр түрлі формада: түйіршік болып та, жұқа пластинка түрінде де қалыптасады. Түйіршік болған жағдайда шойынның беріктігі жоғары, ал

көміртек жұқа пластинка түрінде қалыптасқанда, шойынның беріктігі төмен болады. Ерітіндіге кірмеген көміртегін цементит немесе графит түрінде, ал графитті түйіршік немесе жұқа пластинка түрінде қалыптастыру арқылы шойынның қасиетін әр түрлі етіп шығаруға болады. Шойынның құрамында бос графиттің болуы оның сапасын төмендетеді, бірақ, тиімді жақтары да бар. Ол үйкеліс кезінде жағармайдың ролін атқарады. Осының нәтижесінде сұр шойын үйкеліске, қажалуға төзімді болады. Сондықтан жұмыс кезінде үйкеліске түсетін машина бөлшектері шойыннан жасалады. Бұл салада құрамында марганец бар арнаулы қоспалы болат өндірілістінің жоғарыда айттық. Шойын үшін ондай қоспаның қажеттігі жоқ. Оның екінші бір ерекшелігі сол — бос графиттер тербелу, теңселу салдарынан туған күш әсерін бәсеңдетеді. Соңғы жылдары шойындардың сапасы құрамына магний, марганец, церий және басқа да элементтер қосу арқылы жетілдірілуде. Олардың беріктігі едәуір артты, аз болса да созымталдығы жақсарды. Осындай сапалы шойындар машина жасау өндірісінде болаттардың орнына қолданылып жүр.

Россияда тау-кен және металлургия өнеркәсібі Петр I патша кезінде өріс алды. XVII ғасырдың басында Тулада қару жасау жолға қойылды. Бұған сол кезде Тула қаласындағы темір өңдеу өнеркәсібі негіз болды. Петр I Тулада 1712 жылы тұңғыш мемлекеттік қару-жарақ заводын салды. Завод жылына 20 мың мылтық, 10 мың пистолет жасап шығаратын. Бұл істі тиісті дәрежеде жүргізу үшін Петр I патша Пруссия королі Фридрих Вильгельм I-ден Шпандау қару-жарақ заводының 12 шеберін сұрап алған. 1697 жылы Европаға барған сапарында Петр Германиядағы тау-кен рудниктеріне және металлургия өндіріс орындарына тоқтаған. Ондағы шеберлерді Россияға келіп жұмыс істеуге шақырған. Петр патшалық таққа отырғанда Россияда темір өңдеу өндірісі мемлекеттің ішкі мұқтаждығын зорға қамтамасыз ететін дәрежеде еді. Оның патшалық құруының соңғы жылдарында, атап айтқанда, 1716 жылы, Россиядан Англияға бірінші шойын экспорты жөнелтілді.

Экономикасы кенже қалған патшалық Россияда жоғарыда айтылған ғылыми жетістіктер толық пайдаланылмады. Өйткені патшалық Россия өндірісі дамыған елдерден болат пен шойын өндіру саласында 25-30 жыл кейін қалып қойған еді. Россия 1913 жылы 4 216 мың

тонна шойын, 4 230 мың тонна болат өндірді. Бұл Англияның 1863 жылғы, Америка Құрама Штаттарының 1885 жылғы, Германияның 1891 жылғы өнеркәсіп өнімінің дәрежесі еді.

В. И. Ленин 1913 жылы «Шаруа шаруашылығында темірді тұтыну» атты мақаласында: «Қазіргі өнеркәсіптің басты өнімдерінің бірі, цивилизацияның іргетасының бірі деуге боларлық — темір жөнінде Россияның мешеулігі мен тағылығы әсіресе керемет»[1],— деп жазды. Бірінші дүние жүзілік соғыстан кейін Россия металлургия кәсіпорындарының өнім мөлшері күрт төмендеп кетті. 1920 жылы 1913 жылғы өндірілген шойынның 2,7 проценті, болаттың 4,6 проценті өндірілді. Болат өндіру 1913 жылғы дәрежесіне 1928 жылы, ал шойын өндіру дәрежесіне — 1929 жылы жетті. 1929 жылдан 1937 жылға дейін Совет Одағында шойын өндірудің жылдық мөлшері 14,4 миллион тоннаға жетті. Металлургия өнімін осындай дәрежеге жеткізу үшін Америка Құрама Штаттарына 20 жыл, Германияға 23 жыл қажет болған еді.

Совет Одағы 1940 жылы 15 миллион тонна шойын, 18,3 миллион тонна болат өндіріп дүние жүзінде үшінші орынға шықты. Үшінші бесжылдықта Совет Одағы болат пен шойын өндіруде дүние жүзінде екінші орынға шығуды межелеген-ді. Бұл кезде металлургия өнеркәсібі тәулігіне 46—47 мың тонна шойын, 58—59 мың тонна болат өндіретін дәрежеде еді. Қара металлургияның Совет Одағында қарқынды дамуының басты себептерінің бірі осы саладағы технологияның ғылыми негізде құрылуына аса зор көңіл бөлуінде. Осы кезде көптеген ғылыми-техникалық жаңалықтар енгізген аса ірі ғалымдар мен талантты инженерлер жұмыс істеді.

Академик М. А. Павлов домна процесінің теориясын дамытты және шойын өндірісінде көптеген күрделі мәселелерді шешті. Ол өндірілетін өнім мөлшерін арттырып, сапасын жақсартудың тиімді тәсілдерін тапты. Г. К. Орджоникидзе шойын өндіру саласындағы маңызды еңбектеріне орай академик М. А. Павловты «орыс металлургиясының атасы» деп атады.

Д. К. Чернов идеяларын жетілдіре түсуде, металлургия процесінің теориясын жасауда академик А. А. Байков көрнекті еңбек атқарды. Ол инженер-металлургтер даярлауға өте қажет негізгі үш пәннің мазмұны мен көлемін

---

[1] *Ленин В. И.* Шығармалар толық жинағы, 23-том, 416-бет.

анықтап, осы пәндерден Ленинград политехникалық институтының студенттеріне лекциялар оқыды. Бірінші пән «Жалпы металлургия» («Общая металлургия»), екінші пән «Металлография курсы» («Курс металлографий»), үшінші пән «Мыс және қорғасын металлургиясы» («Металлургия меди и свинца»). А. А. Байковтың бірқатар жұмыстарының дүние жүзілік мәні бар. Оның қыздырылған болат құрылымын хлорлы сутекпен айқындау тәсілі аустенитті нақтылы анықтауға мүмкіндік берді. Бұл тәсіл ғылымда Байков тәсілі деген атпен қалды. Техникада әдеттегі сынапты термометрдің өлшеу шегінен жоғары жатқан температураны өлшейтін *пирометр* атты аспап бар (пиро — грек тілінде от деген сөз). Академик Н .С. Курнаков пирометрдің жаңа түрін шығарды. «Курнаковтың өздігінен жазатын пирометрі» аталған бұл аспап жоғары температура шамасын көрсетумен қатар температура өзгерісін жазып алуға мүмкіндік береді. А. А. Байков осы пирометрді пайдаланып металдың аумалы кезең нүктесін анықтау тәсілін тапты. Ол осы тәсілмен никельдің аумалы кезең температурасын бірінші болып анықтап, осы металдың магниттік қасиетінің құбылмалы екенін ашты. Совет Одағында қара металлургияның қарқынды дамуына ғалымдармен қатар ірі маман инженерлер де зор үлес қосты. Солардың арасында И. П. Бардиннің есімі айрықша аталады. 1929 жылдың көктемінде, табиғаты қатал Сібірде, бұрын ешқандай ірі құрылыс болмаған шағын қала Кузнецкіде жаңа металлургия комбинатының құрылысы басталды. Құрылыстың бас инженері болып И. П. Бардин тағайындалды.

Комбинат құрылысында сол кездегі алдыңғы қатарлы америка металлургиясының, домна, мартен пештерінің жобалары негізге алынған еді. И. П. Бардин құрылыстың бас жоспарына орынды түзетулер ұсынды, көптеген техникалық идеялардың инициаторы болды. Қара металлургияның дамуына тікелей әсер еткен көптеген техникалық жаңалықтар ашты. Ол 1932 жылы СССР Ғылым академиясының мүшесі болып сайланды.

Ұлы Отан соғысынан кейінгі жылдары металлургия өнеркәсібі бұрын болып көрмеген қарқынмен дамыды. Шойын өндіру соғысқа дейінгі жылдардағы дәрежесіне 4 жылда, ал болат өндіру 3 жылда жетті. Қазір СССР жылына 150 млн. тонна болат өндіреді және бұл салада дүние жүзінде бірінші орын алады. Сонымен қатар бо-

латтың сапасы да үздіксіз жетілдірілуде. Қазір Совет Одағында жыл сайын болаттың ондаған жаңа түрі өндіріске енгізіліп отырады. Совет металлургиясының тамаша жетістіктерін барлық елдер тануда. Біздің мамандарымыз бір қатар елдерге металлургия өнеркәсібін жолға қою ісінде көмек көрсетуде. Көптеген шет елдерде металлургия заводтары советтік жобаның негізінде салынуда.

Қазіргі металлургия өнеркәсібінде еңбек мәдениеті де жоғары. Автоматты линиялар еңбек өнімділігін арттырумен қатар жұмыстың қауіпсіздігін де қамтамасыз етуде. Соңғы жарты ғасыр ішінде металлургтер мен металл тану мамандары болаттың беріктігін өсіре отырып, оның созымталдығын сақтауда зор табыстарға жетті. Айталық, 20-жылдары конструкциялық болаттардың әр шаршы миллиметрі 37 кг күш әсеріне төзетін еді. Содан бері-ректе конструкциялық болаттар беріктігі әр шаршы миллиметрге 52, 60 және 75 килограмдық күш әсеріне жеткізілді. Әсіресе қыздырылмай тартылған болат сым өте берік келеді. Оның әрбір шаршы миллиметрі 400 кг күш әсеріне төзеді. Мұндай сымның көлденең кесіндісінің ауданының бір шаршы миллиметрі бес кісінің салмағын көтеруге шыдайды. Мұндай сымның диаметрі 1,13 мм.

Машина жасау өнеркәсібінде көп жағдайларда аса берік, сонымен бірге созымтал болаттар керек. Болаттың беріктігін арттыру үшін легирленген термиялық жетілдірілген болаттарды термомеханикалық өңдеудің арнаулы түрлерімен өңдейді. Мұндай өңдеу *аусформинг* деп аталады. Осылайша өңделген созымды, қақтауға қолайлы болаттардың бір шаршы миллиметрге тән беріктігі 300 килограмм болып қалыптасады. Бұл болаттар көбінесе ракета, самолет бөлшектерін жасауға пайдаланылады.

50-жылдары қара металлургия болат өндіру ісінде конвертерді пайдалануға қайта оралды. Олар енді конвертерде ауаны емес, таза оттекті пайдаланды. Оттекті бессемер уақтысындағыдай пештің түп жағынан емес, төбесінен жіберу техникасы игерілді. Осының нәтижесінде конвертердегі металлургиялық процестердің жылдамдығы өсіп, пеш өнімділігі едәуір артты, пештің температурасы да жоғары болатын болды. Осыған орай жаңа конвертерде тек балқыған шойын емес, қатты шойын кесектерін, болат сынықтарын, легирлеуші элементтерді де

пайдалануға мүмкіндік туды. Бұрынғы Бессемер конвертерлерінің ең ірісіне 60 т балқытылған шойын құйылса, қазіргі конвертерлерге 350-400 т балқыған шойын сыяды. Осындай дүние жүзіндегі ең ірі конвертерлер Совет Одағында «Азовсталь», Черепевец металлургия заводтарында қондырылған. Бұл конвертерлерде алғашқы 5-10 минут ішінде кремний және марганец тотығып үлгереді. Осының нәтижесінде конвертер температурасы бастапқы 1 200—1 250 градустан 1 400—1 450 градусқа дейін өседі. Бұл температурада шойын құрамындағы көміртектің жануы үдей түседі. Процестің аяқталуында конвертердегі температура 1 600 градусқа көтеріледі. Бастапқы конвертерге құйылған 350—400 т сұйық шойыннан болат өндіру процесі 40—50 минутқа созылады. Бұл мартен пешіндегі процестен бірнеше есе тез. Қазіргі оттекті конвертерлерде барлық жұмыс механикаландырылған және автоматтандырылған. Конвертер жұмысы электронды-есептеу машиналарымен басқарылады.

Темір өндеу, болат өндіру процесінің тарихы екі жарым мың жылды қамтиды. Осы мерзім ішінде болат өндіру технологиясы көп сатылы болып келді. Алдымен темір кенін тотықсыздандырып, күкірттен тазартып, көміртекке бай темір, яғни шойын алу керек. Содан кейін шойынды артық көміртектен тазартып болат алады. Балқыған болатқа арнайы элементтер қосу арқылы легирленген сапалы болаттар алынады. Бұл күрделі технологияның әр сатысы өзіндік ерекшелігі бар дербес процесс. Қазіргі ғылым кеннен темірді үздіксіз технологиямен тікелей өндіру жолдарын іздестіруде.

СССР-дің экономикалық және әлеуметтік дамуының 1986—1990 жылдарға және 2000 жылға дейінгі кезеңге арналған Негізгі бағыттарында: «...Темірді және принципті жаңа металл материалдарын тікелей алу технологиясын өнеркәсіптік игеру жөніндегі жұмыс кеңейтілсін»[1],— деп атап көрсетілген.

Темір — өте қажет металл. Дүние жүзінде шойынды, болатты өндірудің мөлшері үздіксіз өсуіне қарағанда темір негізіндегі қорытпалар әлі ұзақ уақыт техникалық негізгі материал болып қала бермек.

Алайда машина жасау өндірісінде көптеген жағдайда түсті металдар да қолданылады. Бұл олардың айрық-

[1] Совет Одағы Коммунистік партиясы XXVII съезінің материалдары. Алматы, «Қазақстан», 1986, 374-бет.

ша қасиеттеріне тығыз байланысты. Түсті металдарда магниттік қасиет жоқ. Мұның электр машиналарын жасауда маңызы зор. Түсті металдар коррозияға ұшырамайды. Олар ауада да, суда да, теңіз суында да және әр түрлі қышқылдар мен сілтілердің әсеріне де төзімді келеді.

Түсті металдар, әсіресе, асыл металдар өте қымбат тұрады. Сондықтан мүмкіндігінше түсті металдар орнына болатты пайдалануға тырысамыз. Әр түрлі элементтерді қосу арқылы болат қасиетін арттыру жұмысының кеңінен өріс алуының бір себебі осыдан.

Магниттік қасиеті жоқ, тотықпайтын, қышқылдарға төзімді, басқа да болаттардың неше алуан түрлері бар екенін жоғарыда айттық. Алайда болат түсті металдар орнына барлық жағдайда бірдей қолданыла бермейді. Техниканың дамуына байланысты материалдарға қойылатын талаптар да өсуде. Талапқа сай келмеген жағдайдың бәрінде де болаттың орнына түсті металдар қолданылады. Сондықтан түсті металдардың (мыс, алюминий, титан) машина жасау өнеркәсібінде алатын орны ерекше.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ӨЗЕГІ

Ерте заманнан бері адам баласы игілігіне жұмсап келе жатқан көне металдардың бірі — мыс.

Оның негізгі себебі мыстың айрықша қасиеттеріне тығыз байланысты. Ол табиғатта асыл металдар сияқты таза түрінде де кездеседі. Әлбетте мұндай жағдайда оны бірден қолдануға кірісе беруге болады. Таза мыс — қызғылт, сары түсті жылтыр металл. Сондықтан да ол көзге тез шалынады.

Мыс жұмсақ, созымтал. Қыздырған кезде оның созымталдығы тіпті өсе түседі. Сондықтан мыстан шағын заттарды қыздырмай-ақ жасауға, ал қыздырылған кезде оның формасы мен мөлшерін едәуір өзгертіп, одан әр түрлі формалы бұйымдар жасауға болады. Металлургияның әлі жете дамымаған кезінде мыстың жұмсақтығы мен созымталдығы, одан әр түрлі заттар өндіруге өте қолайлы болғаны даусыз. Алайда ол жұмсақ болғандықтан одан қару-жарақ, еңбек құралдарын жасау тиімсіз болды.

Сондықтан ерте заманда-ақ нақтылы мақсаттар үшін таза мыстан гөрі оның қорытпаларын, қосындыларын пайдалану жолдары іздестіріле бастады. Қазіргі өндіріс

пен техникадағы негізгі материалдардың бірі болып саналатын мыстың қалайымен қорытпасы — қола біздің дәуірімізге дейінгі III ғасыр мен I ғасыр аралығында тарихта өзіндік ізін қалдырған металл. Осыған орай тарихтағы бұл кезең қола дәуірі деп аталады. Мыс ток өткізгіштік қасиетіне сәйкес электр энергиясын игерген кезден бастап кеңінен пайдаланыла бастады. Металдардың ішінде электр тогын өте жақсы өткізетіні күміс, екінші орында мыс. Күміс қымбат, асыл металл және оның өнімі қазіргі индустрия дамуының қарқынын қамтамасыз ете алмайды. Электр энергиясын өндіру, электр тогын тарату, электр машиналарын жасауда қолданылатын негізгі материал мыс болып табылады. Ол электротехника өзегі. Мыс қазіргі техникада кеңінен тараған металл — алюминийге қарағанда электр тогын 1,5 есе, цинктен 3 есе, темірден 5 есе, вольфрамнан 12 есе, титаннан 35 есе тез өткізеді. Барлық өндірілетін мыс пен оның қорытпаларының 50 процентten астамы электротехника өндірісінің қажетін өтеуге жұмсалады. Машина жасау өндірісінде мыстың 40 процентке жуығы, тұрмыс қажетіне 5 проценттейі ғана жұмсалады. Бұдан біз мыстың шын мәнінде электротехникалық негізгі металл екенін көреміз. Мыстың қоғам өміріндегі қажеттілігін көзге елестету үшін мынадай мысалдар келтіруге болады. Елімізде жылына жүздеген өндіріс орындары іске қосылады, жүздеген миллион шаршы метр тұрғын үй пайдалануға беріледі. Бұлардың бәрін де электр энергиясымен қамтамасыз ету керек. Ол үшін жылына жүздеген миллион метр электр тогын өткізетін сымдар өндірілуде. Бұл сымдар негізінен мыстан жасалады. Сонымен қатар, электр энергиясын халық шаруашылығының барлық салаларында пайдаланудың үздіксіз ұлғаюына орай, әр түрлі электр двигательдерін жасауды молайту керек. Бұл электр двигательдерінің орамдары да таза мыстан жасалады. Осы мақсатта мыс орнына алюминийді пайдалану онша тиімді емес. Себебі, алюминийден жасалған электр машиналары орамдарының көлемі үлкейіп, машиналар икемсіз болып шығады, олардың сырт көрінісі де ебедейсіз боп тұрады. Әлбетте, мыс жетпеген жағдайларда алюминий қолдануға тура келеді.

Совет Одағында темір жол транспортын электрлендіруге де көп көңіл бөлінуде. Электрленген темір жол қатынасының ұзындығы жөнінен Совет Одағы дүние жү-

зінде бірінші орын алады. Бұл салада да ең қажетті материалдың бірі — мыс.

Қазіргі өндірісте пісіру тәсілі негізгі технологиялық процестердің бірі болып отыр. Электр доғасымен пісіру машиналарында және контакт арқылы пісіруде таза мыс пен оның қорытпалары бірден-бір қажетті материал. Сондықтан өнеркәсіпте еңбек тиімділігін, алдыңғы қатарлы технологиялық процесті қамтамасыз ету үшін пісіру машиналары жеткілікті болуы шарт, ол үшін де негізгі қажетті материал — мыс. Машина детальдарының біреуі істен шықса, онда машина тоқтап қалатыны белгілі. Сондықтан сан алуан машиналар паркі қаулап өскен сайын оларды түгелдей запас бөлшектермен қамтамасыз ету бірінші кезектегі мәселелердің бірі болып отыр. Бұл проблеманы шешудің ең дұрыс жолы істен шыққан машина бөлшектерін қайта құю, пісіру, дәнекерлеу арқылы қалпына келтіру. Бұлардың ішіндегі ең қолайлы, әрі нәтижелі тәсіл — пісіру. Электр энергиясы мен пісіру машиналарында пайдаланылатын негізгі металл — тағы да мыс.

Тек қана электр машиналары емес, жалпы электротехника дамуына өте қажетті материал болғандықтан мыс өндіруді ұлғайту — өнеркәсіп пен техниканың даму талабына байланысты туып отырған қажеттілік. Мыс қорытпалары тек қана электротехникада емес, машина жасау өнеркәсібінде де өте пайдалы материал. Бұл салада қолданылатын мыстың техникалық бірнеше қорытпалары бар. Олардың ішінде ежелден келе жатқан қорытпа — қола.

Қола мыстың мырыштан басқа элементтермен қорытпасы. Бұлардың ішінде ерте заманнан бері адам игілігіне айналып келе жатқан түрі — мыстың қалайымен қорытпасы.

Біздің заманымызға дейінгі III—I ғасыр аралығында қола сол дәуірдегі адамдардың қару-жарағы, еңбек құралы, тұрмысқа қажетті бұйымдарының ішіндегі ең құндысы болған. Қоланың адам өмірінде атқарған міндеті зор болды. Қоладан зеңбіректер, әр түрлі қоңыраулар құйылды. Сонымен қатар халық таланттары қоладан көптеген көркем бұйымдар жасады. 1586 жылы халық арасынан шыққан шебер А. Чохов қоладан салмағы 2 400 пұттық зеңбірек құйды. Өз заманының ең ірі соғыс құралы болған «Патша-зеңбірек» Кремльді қорғауға арналып құйылған еді. Бірақ одан бір рет те оқ атылма-

ған, қазір ол Кремльде музей экспонаты ретінде сақтаулы. Шебер Д. Сверчков 1627 жылы Кремльдің Успенский соборына арнап, тіпті осы күннің өзінде де көркемдеп құюдың ерекше ескерткіші ретінде саналатын, павильоншатерды да қоладан құйды. Москвалық шеберлер И. Ф. Моторин мен М. И. Моторин 1735 жылы Кремль соборына арнап, салмағы 12 мың пұттан артық теңдесі жоқ ірі қоңырауды да қоладан құйды. «Патша-қоңырау» аталған бұл қоңырау да қазір Кремльде сақтаулы. Атақты әдебиет, өнер қайраткерлеріне, ардагер азаматтарға, халық өмірінде елеулі орын алатын ірі тарихи оқиғаларға арналған мүсін, ескерткіштер әдетте қоладан құйылады.

Қола өте сәнді материал. Сондықтан ол мәдениет сарайлары мен мәдениет орындарын сәндеуге жұмсалады. В. И. Ленин мавзолейінің жарық беретін арматураларында, Мемлекеттік Академиялық кіші театр, СССР Қорғаныс министрлігі үйлерін сәндеуге қола қолданылған. Москва метрополитенінде дүние жүзінде тұңғыш рет жер астындағы темір жол вестибюльдері мен перрондарын өңдеуге де қола жұмсалған. Москва метросының тек «Революция алаңы» станциясында скульптор М. Г. Манизер мен оның шәкірттері жасаған қоладан құйылған 20 скульптура орнатылған.

Қазіргі машина жасау өнеркәсібінде қоланың ондаған түрі қолданылып жүр. Олар құрамындағы мыстан кейінгі негізгі элементтің атына сәйкес алюминийлі қола, кремнийлі қола, бериллийлі қола деп аталады. Бұлардың бәрі де берік, теңіз суында және кейбір қышқылдарда коррозияға ұшырамайды. Сондықтан олар көбінесе кеме жасау, химия өнеркәсібінде, бу қазандарының аса қажетті тетіктерін жасауға пайдаланылады. Әр қоланың өзіне тән айрықша қасиеті бар. Бериллийлі қола өте серпінді келеді. Сондықтан ол өте нәзік механизмдердің — сағат, сағат тәрізді дәл жүретін механизмдердің серіппелерін жасауға қолданылады. Алюминийлі қола теңіз суында коррозияға өте төзімді. Бұл қоладан кеме, катерлердің винттерін, тағы басқа да детальдарын жасайды.

Мыстың қоладан кейінгі техникалық маңызды қорытпасы — жез.

Жез. Жез деп мыс пен мырыштың қорытпасын айтады. Бұлар таза мыстан едәуір берік әрі қатты, коррозияға қарсы тұрақты. Жездің созымталдығы мыстан тө-

мен әрі электр тогын мыстан нашар өткізеді. Жездің сапасын жақсарту үшін оған арнайы элементтер қосады. Жездің бұл түрін арнайы жез деп, ал қоспасы жоқ жезді жай жез деп атайды. Жездің әр түрлі қасиеттерін жақсарту үшін қолданылатын қоспалардың ішінде негізгілері марганец, кремний, темір, никель, алюминий, қалайы. Кейде жезге бірнеше элемент бірдей қосылады. Себебі жеке элемент жездің белгілі қасиетін жетілдіре түссе, екінші бір қасиетіне теріс әсер етуі мүмкін. Мысалы, темір жездің қаттылығы мен беріктігін арттырады, созымталдығын төмендетеді, ал коррозияға қарсы тұрақтылығын едәуір кемітеді. Құрамында 1—2% темір бар жездер коррозияға тез ұшырайды. Егер жездің құрамына темірмен бірге марганец, никель, алюминий қосса, онда оның беріктігі де, коррозияға қарсы тұрақтылығы да артады. Жезден диаметрі мен ұзындығы әр түрлі шағын трубалар жасалады. Мұндай трубалар коррозияға ұшырамайды, оларды ию, дәнекерлеу, кесу оңай. Мұндай трубаларды тотықпайтын болаттан жасау көп еңбекті талап етеді. Ертеректе, металдан труба өндіру технологиясы қазіргі дәрежеге жетпеген кезде, тотықпайтын болаттан диаметрі жіңішке труба өндіру мүмкін де емес еді. Сондықтан да қазір машина жасау өндірісі мен аспаптар жасауға қажетті диаметрі жіңішке трубалар жезден жасалады. Қалайы қосылған жез подщипник жасауға пайдаланылады. Жездің тағы бір қасиеті — олар дәнекер. Әдетте ең көп қолданылатын дәнекерлер қалайы мен қорғасын қорытпасынан жасалады. Бұл дәнекерлердің балқу температурасы төмен, сондықтан дәнекерлеу процесін жүргізу қиынға түспейді. Бірақ дәнекерленген қосылыстың беріктігі нашар болады. Оған қосымша дәнекердің балқу температурасы төмен болғандықтан конструкцияны жоғары температурада пайдалануға болмайды. Қыздыруға төтеп беретін, беріктігі жоғары дәнекер ретінде жез қолданылады. Жезбен таза мысты, қоланы, кей жағдайларда болаттарды да дәнекерлеуге болады. Жезден тұрмысқа қажетті бұйымдар да жасалады.

Қазіргі кезде барлық елдерде өндірілетін мыстың 50 процентке жуығы оның әр түрлі қорытпалары ретінде пайдаланылады. Жоғарыда айтылған жез бен қоладан басқа мыстың *константан, копель, куниаль, манганин, мельхиор, нейзельбер* атты қорытпалары бар. **Константан** мен **копельдің** қасиеттері өте ұқсас. Бұлардың бір-

бірінен айырмашылығы — никельге қосымша константанның құрамында марганец, ал копельдің құрамында алюминий бар. Константан мен копельдің электр тогын өткізуге қарсылығы жоғары және олардың бұл қабілеті температура өзгеруіне байланысты өте аз өзгереді. Сондықтан бұл қорытпалар электротехникада, реостаттар мен өлшеуіш аспаптар жасауға жұмсалады. Мыспен немесе темірмен қосылып 400—500 градусқа дейін температура өлшеуге арналған аспап — термопара жасауға пайдаланылады. Ол технологиялық процестерді бақылау, басқару, зерттеу жұмыстарына қажетті аспаптар жасау үшін өте тиімді қорытпалар болып саналады.

Куниаль — мыстың никельмен және алюминиймен қорытпасы. Куниальдің беріктігі жоғары, коррозияға қарсы тұрақтылығы да жақсы. Бұл қорытпаның бір ұтымдылығы термоөңдеу тәсілімен беріктігін, созымдылығын едәуір арттыруға болады. Куниаль машина жасау өнеркәсібінде қолданылады.

Манганин нақтылы мақсатқа арналған қорытпа. Оның электр тогын өткізу қабілеті сыртқы қысымның өзгеруіне байланысты біркелкі өзгереді. Осыған орай оның электр тогын өткізу қабілетінің өзгеруі арқылы қысымның мөлшерін нақтылы өлшеуге болады. Сондықтан ол электротехникада және қысым өлшейтін манометр жасауға пайдаланылады.

Мельхиорға келсек, ол созымтал, коррозияға қарсы тұрақты қорытпа. Мельхиор негізінен кеме жасауда пайдаланылады. **Нейзельбер** электротехникада және автомобиль, авиация өнеркәсібінде аспаптар жасауға қолданылады. Нейзельберден медицина аспаптары, сәнді бұйымдар жасалады. Мельхиор мен нейзельбер күміс түсті әдемі қоспалар. Олардан тұрмысқа қажетті әр түрлі бұйымдар, қасық, шанышқылар жасалады. Үштен екі бөлігі мыс, бір бөлігі никель — мыс пен никельдің қорытпасы — монель-металдан ақша жасалады.

Жоғарыда келтірілген мыс қорытпаларының көбі әр түрлі мақсаттарда өлшеуіш аспаптар жасауға жұмсалатынын көріп отырмыз. Демек, бұлардың атқаратын қызметі орасан зор. Өндіріс пен техникада әр түрлі процестерді автоматтандыруда электр тогы немесе ауа қысымы өте жиі қолданылады. Автоматтардың неғұрлым мүлтіксіз жұмыс істеуі үшін электр тогының мөлшерін, кернеуін және кедергіні неғұрлым дәл өлшеудің шешуші мәні бар. Сондай-ақ көп жағдайларда қысымның температу-

раға байланысты өзгеруін немесе тұрақты бір шамада сақталуын бақылау өте қажет. Бұған пайдаланылатын материалдардың қасиеттері неғұрлым тұрақты болуы шарт. Мысалы, материалдың электр тогын өткізу қабілеті, басқаша айтқанда, электр тогын өткізгенде кедергілік қасиеті тұрақты болуы, температураға байланысты өзгермеуі немесе өте аз өзгеруі шарт. Әйтпесе температураның өзгеруіне байланысты ток шамасын немесе ток кернеуін көрсететін аспаптар температура өзгеруіне байланысты дәл көрсетпеген болар еді. Бұған қосымша автоматтарды басқару жүйесінде немесе жалпы автоматтық жүйе дәл жұмыс істеуі үшін, автомат құрылысында пайдаланылған материалдардың беріктігі, коррозияға қарсы тұрақтылығы жеткілікті болуы шарт. Осындай әр түрлі күрделі талаптарға сай материалдар жоғарыда сипатталған мыс қорытпалары болып табылады.

Құрамында қорғасын бар мыс қорытпалары подшипниктер, муфталар, тормоз жабдықтарын жасауға пайдаланылады. Подшипниктер мен тормоздың машиналар жұмысында маңызы өте зор. Мыс пен оның қорытпалары автомобиль, кеме, самолет, спутниктердің, космос корабльдерінің құрылысында да қажет. Сондай-ақ мыс ракета техникасында, атом энергетикасында қолданылады. Мыс пен оның қорытпаларынан күнделікті тұрмысқа қажетті бұйымдар да жасалады.

Қазіргі кездегі металл өңдеу өнеркәсібінде қолданылып жүрген сан алуан станоктар мен стандардың барлығы электр қуатымен жұмыс істейді. Металлургияда ең сапалы, таза және түсті металдардың бәрі дерлік, әсіресе қанатты металл — алюминийді өндіру үшін де электр энергиясы қажет. Электр энергиясын ауыл шаруашылығына пайдалану жыл сайын арта түсуде. Крандар, ауыр индустрияда пайдаланылатын ауыр жүк көтеретін машиналар түгелдей дерлік электр энергиясымен жұмыс істейді. Өте ықшамды электр ұстаралардың моторлары, мыңдаған километрге созылған электр линияларының сымдары, ірі трансформатор станциялары мен радиоқабылдағыштардың катушкалары — міне, осылардың бәрі мыстан жасалады. Сондықтан мыс сымдарын өндіруді молайтуға, оның технологиясын жетілдіруге көп көңіл бөлінуде. Мыс сымдарының тазалығы да жоғары болуы басты шарт. Совет Одағында тұңғыш электр сымдарын өндіруге арналған тазалығы, 99,99 процент мысты үздіксіз құю тәсілімен өндіретін цех 1964 жылы Балқашта

жұмыс істей бастады. Цехтағы негізгі жұмыстар толық автоматтандырылған. Мыстың аса жоғары тазалығын қамтамасыз ету үшін, балқытылған мыс жай ауада емес, азот атмосферасында құйылады.

Республикамызда мыс Қоңырат, Жезқазған және Алтайдағы полиметалл кен орындарында өндіріледі. Қоңыраттан өндірілетін мыс негізінде Совет Одағындағы ең ірі комбинаттардың бірі — Балқаш кен-металлургия комбинаты жұмыс істейді. Ленин орденді бұл комбинаттың жұмыс істегеніне 50 жылдан астам уақыт болды. Қазір Қазақстанда жаңа ірі өндіріс орны Қ. И. Сәтбаев атындағы Жезқазған кен-металлургия комбинаты іске қосылды.

Мысты пайдаланатын салалар көп болғандықтан да оны өндіру жыл сайын өсе түскенімен, бұл да барлық қажеттілікті толық өтей алмайды. Сондықтан да мүмкін болған жағдайда мыс орнына басқа материалдар пайдаланылып келеді. Электротехника саласында мыс орнына алюминий жұмсау қазіргі кезде жыл сайын ұлғаюда. Машина жасау және автомобиль өнеркәсібінде мыс, жез, қоланың орнына пластмассалар қолданылуда.

АҚ ҚАНАТ МЕТАЛЫ

Аспанға ұшу адам баласының ежелден бергі көкейтесті армандарының бірі болды. Қазіргі уақытта аспанға сапар шегу әдеттегі істердің біріне айналды. Ұшу аппараттары негізгі жер қойнауында ең мол тараған металл — алюминийден жасалады. Сондықтан да оны ақ қанат металы деп атайды.

Жеңіл материалдар қатарына меншікті салмағы темірден екі есе аз металдарды жатқызады. Осы қатарға Д. И. Менделеевтің периодтық кестесінің сол жақ үстіңгі қатарында орналасқан металдар жатады. Бұлардың ішінде судан да жеңілдері бар (литий, натрий, калий). Егер де литийден жеңіл машиналар жасаған болса, онда оны бір кісінің өзі-ақ оп-оңай көтеріп жылжыта алар еді. Бұл металдар конструкцияның әр түріне өте үйлесімді. Бірақ жеңіл металдар реакцияға тез түседі, әсіресе оттекпен жылдам қосылады, өздігінен тұтанып, жанады. Суға батырылса реакцияға тез түсіп шыжылдап, түтіндеп, жалындап фейерверкше атқылайды. Бұл металдардың кені кедей, бай кен орындары да сирек, осыған орай олардың өнімі шамалы, бағасы қымбат.

Жеңіл металдардың ішінде техникалық материал ре-

тінде қолданылатыны алюминий (тығыздығы 2,7 г/см³), магний (тығыздығы 1,74 г/см³). Алюминий мен магнийді басқа элементтермен легирлеу арқылы көптеген конструкциялық қорытпалар өндіріледі.

Техника саласында көп қолданылып келе жатқан металдың бірі — титан. Титанның меншікті салмағы 4,5 г/см³. Бұл шынайы жеңіл металдарға жатпайды. Дегенмен оны ауыр металдар қатарына да жатқызуға болмайды. Титанның ерекше бір қасиеті — оның сыбағалы беріктігі, яғни салмағына тән беріктігі жоғары. Бұл жағынан ол болаттан да, алюминийден де мықты. Осы қасиеті оны конструкциялық жеңіл металдар қатарына қосады. Соңғы жылдарда конструкциялық материал ретінде тағы бір жеңіл металл — бериллий инженерлер назарын аударуда. Бериллийдің меншікті салмағы 1,84 г/см³, магнийден салмақты. Бериллий қорытпалары берік және техника талаптарына үйлесімді механикалық қасиеттері де бар. Бірақ бериллий қорытпалары қымбат, сондықтан арнаулы мақсаттарда ғана пайдаланылады.

Техникалық конструкцияларда қазіргі уақытта жеңіл металдар тобынан: алюминий, магний, титан, бериллий қолданылады. Титан мен бериллий космос техникасына пайдалануға таптырмайтын металдар. Олар аса биіктікте (стратосфера) ұшатын самолеттер мен ракеталар құрылысының техникалық талаптарына сай келеді. Алюминий болса авиация техникасының дамуында айрықша роль атқарды. Жалпы жеңіл металдарды ең көп қолданатын сала — авиация өнеркәсібі. Әдеттегі самолеттердің бөлшектерін жасауда негізгі материал алюминий қорытпалары болса, дыбыстан тез ұшатын самолеттерде титан қорытпалары кеңінен пайдаланылуда.

Алюминий жылтыр, ақ, күміс түсті металл. Көлемі 1 куб сантиметр алюминийдің салмағы 2,7 грамм, балқу температурасы 660°С, жылуды, электр тогын жеңіл өткізеді. Алюминий ауада өте тез тотығады. Тотығы тығыз, ауа өткізбейді. Сондықтан оның үстіңгі қабаты жұқа тотықпен тез қапталады, қалған негізгі массасы тотықпайды. Осыған орай алюминий коррозияға ұшырамайды. Алюминий өндірудегі негізгі шикізат — бокситтің тұңғыш кен орны Францияның оңтүстігіндегі Ле-Бо деген жерден ашылған. Осыған сәйкес боксит деп аталған. Әдетте металл кені тас, қатты жыныс болып келеді. Ал боксит болса балшық. Сондықтан да ертеде алюминийді «балшықтан шыққан күміс» деп те атаған. Қазақстанда бок-

ситтің мол қоры Арқалық қаласының маңайынан табылды.

Алюминий кең тараған металл. Жер қыртысында оның мөлшері 7,5—8,0% деп шамалануда. Бұл темірден көп. Алайда алюминийді тотықсыздандыру оңай емес. Ол темір кені тәрізді ағаштың көмірі, шоғы арқылы тотықсыздандыруға көнбейді. Осыған орай бұл металды техникалық дәрежеге сай өндіру көп кенже қалды.

Металл алюминийді тотығынан бөлудің тұңғыш қадамын 1807 жылы ағылшын ғалымы Х. Дэви жасады. Тек 1825 жылы дат Ганс Христиан Эрстед, 1827 жылы неміс Фридрих Вёлер лаборатория жағдайында тұңғыш рет бірнеше грамм таза алюминий алды. Осылайша алюминий өндіруге талпынған алғашқы әрекеттер мен бірнеше килограмм алюминий өндіру аралығында жарты ғасырға жуық уақыт өтті. Бұл кезде Сент-Клер Девиль алюминийді техникада қолданылатындай мөлшерде өндірудің химиялық тәсілін ашқан еді. Мұнда хлорид қосындыларынан натрий әсерімен таза алюминий бөлінетін. Бірақ бұл тәсілдің өнімі өте қымбатқа түсетін болғандықтан одан көп ұзамай-ақ бас тартуға тура келді.

Француз ғалымы Сент-Клер Девиль 1854 жылы тұңғыш рет өндірісте қолдануға жарайтын тәсілмен таза алюминий алды. Салмағы 0,5 кг күміс түсті жаңа металл 1855 жылы Парижде өткізілген дүние жүзілік көрмеге қойылды. Алюминий ол кезде өте қымбат еді. Оның қымбаттығы көпшілікке бұл металдың асылдығының айғағы секілді болып көрінді. Көрмеге келушілерге алюминийдің күміс түсті әдемілігі, айрықша жеңілдігі және аса бағалылығы ерекше әсер етті. Ол кезде алюминийді сәндік, әшекейлік үшін пайдалану керек деген пікір басым болды. 1899 жылы Лондонда атақты химик Д. И. Менделеевке қымбат сыйлық ретінде сол кездегі аса бағалы металдар алтын мен алюминийден жасалған таразы ұсынылыпты. Тіпті қазірдің өзінде де алтын түсті етіп өңделген алюминий ыдыстар жасауға, кеме, поезд вагондары, самолет салондары, тұрғын үй, мәдениет орындарының ішін сәндеуге кеңінен пайдаланылып жүр. Әлбетте, оның бағасы қазір көп арзандады.

1897 жылы дүние жүзінде тек 4 тонна алюминий, 1913 жылы — 66 500 тонна, 1943 жылы 1949 мың тонна (тек капиталистік елдерде), ал 1950 жылдары алюминий өндіру 3 млн. тоннаға жетті. Россияда алюминий өндіру Ұлы Октябрь революциясынан кейін дами баста-

ды. 8 кг алюминий тұңғыш рет 1929 жылы 27 мартта өндірілді. Осы жылы августа Волхов және Днепропетровск алюминий заводтарын салу туралы үкімет шешім қабылдады. 1937 жылы алюминий өндіруде Совет Одағы дүние жүзінде үшінші орын, Европада екінші орын алды. 1939 жылы Урал алюминий заводы өнім бере бастады.

Металдар арасында алюминий жер қыртысында ең көп тараған элемент, ол оттек пен кремнийден кейін үшінші орын алады. Жер қыртысының 7,5 проценті алюминийдің үлесіне келеді. Академик Ферсман құрамында алюминий бар 250-ге жуық минералдар бар деп атады. Алюминий соншама мол тарағанымен, табиғатта таза түрінде емес, тек қосындылар түрінде кездеседі.

Алюминий техникада, өндірісте қолдану жағынан темірден кейін екінші орын алады. 50-жылдары дүние жүзінде техникалық негізгі қорытпа болат өндіру шамамен 3,5 есе, мыс өндіру 5 есе өссе, алюминий өндіру 250 есе өсті. Алюминийдің осыншама мол өндірілуі оның мына төмендегідей тамаша қасиеттеріне байланысты, олар: салмағының жеңілдігі, электр тогын және жылу өткізгіштігі, сәуле шағылыстыру қабілеті, коррозияға қарсы тұрақтылығы, қорытпаларының беріктігі және серпінділігі, технологиялық қасиеттері.

Алюминий өте жеңіл металл. Ол мыстан үш есе, темірден екі жарым есеге жуық жеңіл. Екінші бір ерекшелігі ауада, қышқылды ортада коррозияға өте төзімді. Алюминий ауада мүлде тотықпайды екен деуге болмайды. Ол тотығады. Бірақ оның тотыққан жұқа қабаты оны одан әрі тотығудан сақтайды. Бір кемшілігі, таза алюминийдің беріктігі шамалы, жұмсақ. Тазалығы 99,999 процент алюминий жұмсақтығы мен созылғыштығы жағынан қорғасыннан кем емес. Сондықтан ондай таза алюминий электр кабельдерін орау үшін қорғасын орнына жұмсалады.

Алюминий алғаш өндіріле бастаған кезде оның құндылығы мен беріктігінің төмендігі конструкциялық материал ретінде пайдалану үшін кедергі болды. Кейіннен оның сапалы қорытпаларын өндіру игерілгеннен кейін барып қана ол өндірісте кеңінен пайдаланыла бастады. Қазіргі алюминий қорытпалары негізгі екі түрге бөлінеді. Олар: құймалар өндіруге арналған қорытпалар, яғни силуминдер және деформациялап өңдеуге «көнгіш» қорытпалар.

Силумин — алюминийдің кремниймен қорытпасы.

Кремний латынша силициум деп аталады. Силициум мен алюминийді қысқартып силумин деп айтады. Силуминнің сапасын арттыру үшін оған аздаған мөлшерде натрий немесе натрийдің фторлы және хлорлы тұздары қосылады.

Автомобиль және авиация өнеркәсібінде силуминнен жасалған детальдар қолданылады. Қазір құю техникасы дамыған кезде силуминнен құйылған машина бөлшектері ешқандай механикалық аспаптармен өңделмей-ақ іске жаратыла береді. Силуминнің механикалық қасиеттерін термоөңдеу арқылы жетілдіре түсуге болады, бұл да оның тиімділігін көрсетеді. Силуминнен басқа құймалар өндіруге жұмсалатын алюминийдің мыспен, магниймен, цинкпен қорытпалары да бар. Бірақ олар силуминдей көп қолданылмайды, алайда айрықша мақсаттар үшін жұмсалады. Бұлардың ішінде магналий деп аталатын алюминийдің магниймен қорытпасы бар. Ол басқа алюминий қорытпаларынан жеңіл, беріктігі жоғары, коррозияға тұрақты. Магналий негізінен авиацияға пайдаланылатын құймаларға жұмсалады. Бұл қорытпаның қалыпты толтыру қабілеті силуминнен әлдеқайда төмен. Сондықтан одан силуминдер сияқты өрнекті, сәнді, көркем бұйымдар құюға болмайды.

Ал, деформациялап өңдеуге көнгіш қорытпалар ішінде кең тарағаны дюралюминий. Француз химигі А. Вильм авиация өнеркәсібіне лайықты алюминий қорытпаларын зерттеп жүріп бір қорытпаға назар аударды. Бұл қорытпаның артықшылығы сол, ол құйғаннан соң белгілі бір мерзім өткеннен кейін ешқандай сыртқы әсерсіз өзінен өзі бұрынғысынан да қатайып, беріктігін арттыра түскен. Вильм бұл қорытпаны дюралюминий, яғни қатты алюминий деп атаған. Дюралюминий — күрделі қорытпа. Оның құрамында мыс, магний, марганец, темір және кремний бар. Деформациялап өңдеуге арналған алюминий қорытпаларының ішінде өнеркәсіпте алғаш қолданылғаны осы дюралюминий. Дюралюминийдің ашылуы ғылым үшін зор жаңалық болды.

Болаттың беріктігі мен қаттылығын арттыру үшін оны шынықтыру қажет болса, ал дюралюминий шынықтырылғаннан кейінгі бірнеше тәулік ішінде өзінен-өзі қатая түсіп, беріктігін арттырады.

Металл қасиетінің бұдан бұрын белгісіз бұл құбылысы *кемелдену* деп аталды. Кейін кемелдену көптеген металл қорытпаларына тән, олардың кристалл құрылысы-

ның және құрамының айрықша өзгеруі нәтижесінде болатын құбылыс екені анықталды. Қазіргі термоөңдеу процестерінде шынықтырумен қатар кемелдендіру де кеңінен тараған тәсілдердің бірі. Оның теориясы мен практикалық мүмкіндігін жетілдіруге көптеген ғалымдар қатысты. Кемелдену әдеттегі жағдайда өздігінен өтсе, оны техникада *табиғи кемелдену* дейді. Табиғи кемелдену баяу өтетін процесс. Оның жылдамдығын өсіру, кемелдену процесін тездету үшін дюралюминийді 100—150 градусқа қыздыру керек. Мұны *жасанды кемелдендіру* деп атайды. Қорытпаның кемелдену жайы қысқаша айтқанда былай: жоғары температурадағы дюралюминий құрамына кіретін барлық элементтер алюминийде толық ериді де, қатты ерітінді түрінде болады. Ал әдеттегі жағдайда бұл элементтердің алюминийде еру шамасы едәуір төмен. Сондықтан жоғары температурада қалыптасқан ерітінді бөлме температурасында аса қанығады. Осыған байланысты қатты ерітіндіден оның құрамындағы элементтер бөлініп шығып, белгілі бір кристалдық бағытпен жазықтықта дербес орналасады. Олар мөлшері тым шамалы болғанымен кристалдар аралығында елеулі кернеу туғызып, кристалл торының қалыптасуында ақаулар пайда болуына әкеп соғады. Дюралюминийдің кемелдену нәтижесінде беріктігі мен қаттылығының өсуі осыдан. Шын мәнінде, кемелденуі аса қаныққан ерітіндіден ерітілген металдың бұл толық бөлінуі емес, ол бөлінудің басталуы ғана. Шамадан артық еріген мыс және басқа металдар атомдары ерітіндіден толық бөлінер алдында белгілі кристалл беттеріне топтала бастайды. Олардың концентрациясы белгілі кристалдық жазықтықтарда ерітіндінің орташа концентрациясынан артады. Бұл жағдайда қорытпаны біркелкі қатты ерітінді деп есептеуге болмайды. Бірақ мұндай бірнеше атомдық қатар мөлшерінде шоғырланған металдарды микроскоппен немесе рентген арқылы анықтау мүмкін емес. Сондықтан ерітіндінің ыдырағандығына нақтылы дәлел болмай, ғылымда бұл жағдайдың жасырын сыры әлденеше жылдар бойы құпия болып келді. Алайда қазір бұл құпия толық ашылып, кемелдену ерекшеліктері анықталды. А. Вильм 1911 жылы алюминий қорытпаларының табиғи кемелденуін ашты. Алюминийдің мыс, марганец, магниймен қорытпалары 500 градусқа шынықтырылған соң 4—7 күннен кейін беріктігі мен қаттылығы артады, ал деформацияға «көнгіш» қасиеті өзгермейді екен. Бұл жаңалық

алюминийдің пайдалану аясын кеңейте түсті. Содан бері алюминий қорытпаларының сапасы едәуір жақсарды. Қазір оның беріктігі таза алюминийден 10 есе артық қорытпалары бар.

XX ғасырдың басында авиация өнеркәсібінің дамуы алюминийді көп өндіруге ықпал етті. Бірақ алюминий өндірудің өзіне тән қиыншылықтары да аз болған жоқ. Алюминийдің құрамында сутек болуы оның механикалық қасиетін төмендетеді. Демек, алюминий сутектен таза болуға тиіс. Сонымен қатар алюминий құйған кезде ол неғұрлым жылдам суыса, соғұрлым сапалы болады. Тез суыту үшін алюминийді бұрынғыдай құмнан жасалған қалыпқа емес, металдан жасалған қалыпқа құятын болды. Бұл үшін алғашында шойын қалып пайдаланылды. Содан кейін мыс қалыптар қолданылды. Мыс жылылықты шойыннан алты есе тез өткізеді. Дегенмен, мыс қалыптың өзінде де құйма талапқа сай жылдамдықпен суымады. Сондықтан мыс қалыпты сыртынан сумен салқындату тәсілі қолданылды. Мұның өзінде де құймаларды жеткілікті дәрежеде тездетіп суыту ойдағыдай жүзеге аса қоймады. Оның себебі былай еді. Ең алдымен балқыған металдың суық қалып қабырғасына тікелей жанасқан қабаты кристалданады да, металдың негізгі массасы сұйық қалпында қала береді. Кристалданған металдың суыған сайын көлемі кішірейеді. Сондықтан жаңа ғана қатайып, жұқа кристалданған құйма қабаты мен қалыптың арасында саңылау пайда болады да, осы саңылаудағы ауа жылылықты баяу өткізіп, құйманың түгелдей тез сууына мүмкіндік бермейді. Мұндай жағдай әсіресе соғыс жылдарында алюминий өндіруде еңбек өнімділігінің артуына елеулі тежеу болып, қиыншылықтар тудырды. Бұл қиыншылықтан құтылу жолдарын іздеген инженерлер мен ғалымдар ақырында алюминийді әдеттегідей қалыпқа құймай, кристалдану сауыты (кристаллизатор) арқылы қалыптастырып тікелей сумен суыту тәсілін ашты. Осылайша алюминий қорытпаларын тікелей құю тәсілі дүниеге келді. Бұл тәсіл металл қорытпаларын өндіру саласында елеулі техникалық жетілдіру болды. Қазір бұл тәсіл алюминий емес, сондай-ақ болат, мыс қорытпаларын өндіруде де қолданылуда.

Тікелей құю тәсілінің мәні былай. Мыстан жасалған шағын қалып жылжымайтын етіп орнатылады. Оның түбі жоғары-төмен белгілі жылдамдықпен жылжып тұратын етіп бөлек жасалады. Балқыған металл құйылып

сыртқы қабаты қатайған соң, қалыптың түбі төмен қарай жылжи бастайды. Оның төмен түсу жылдамдығы мен балқыған металдың құйылу жылдамдығының арасында белгілі бір сәйкестік болуы шарт. Қалып пен құйманың арасына су ағыны беріледі. Ол су төмен қарай жылжыған құйма металдың сыртымен ағады да оны суытады. Металл құюдың бұл прогрессивтік тәсілі қазіргі кезде болат құюда қолданылады.

Соғыс жылдарында алюминий құймаларын осылайша өндірудің мәні зор болды. Бұл салада совет ғалымдары В. А. Ливанов пен В. И. Добаткин нәтижелі еңбек етті. Біздің елімізде алюминийді құю 1945 жылы түгелдей дерлік осы тәсілге көшіріліп, алюминий өнеркәсібінен құю қалыптары алынып тасталды.

Самолетпен ұшқан жолаушы оның қанаты мен фюзеляжындағы жыпырлаған заклепкаларға назар аударады. Алюминийден жасалған бұл заклепкалар соғыс самолеттерінде жүз мыңдаған, ал ауыр бомбардировщиктерде миллионға дейін жетеді. Соғыс жылдарында заклепка жасауға қажетті алюминий сымдарын өндіру көп еңбек сіңіруді керек етті. Алайда инженерлердің творчестволық ізденісі бұл салада да техникалық жаңалық туғызды. Инженер В. Г. Головкиннің тапқыр жаңалығы бойынша балқытылған алюминийден бірден сым өндіру тәсілі өндірісте игерілді. Бұл сықылды техникалық жаңалықтар алюминий өндірісінде аз емес. Солардың ішіндегі аса ірі жаңалықтардың бірі — *пеноалюминий,* яғни көбікті алюминий өндіру.

Жоғарыда сутектің алюминий сапасына теріс әсер ететінін айттық. Оның мәні былай. Балқыған алюминийде, яғни жоғары температурада, сутек мол мөлшерде ериді. Температура төмендеген сайын сутектің еру шамасы да шұғыл төмендеп, ол ерітпе құрамынан бөлініп кристалданады, бірақ әлі толық қатаймаған қорытпадан бөліне бастайды. Осының салдарынан алюминийдің тұтас кристалдануына мүмкіндік болмай, онда бос орындар, өте ұсақ қуыстар пайда болады. Бұл жағдай қорытпаның сапасын төмендетеді. Соңғы жылдары осы бір қолайсыз жағдайды тиімді пайдалануға болатыны анықталды. Егер суый бастаған алюминийден сутек мол мөлшерде бөліне бастаса, онда сұйық металл кәдімгі су қайнағандай қайнайды. Осылайша қатты қайнаған алюминийді қалыпқа құйса, оның ішкі көлемі тесік-тесік болып қалыптасады. Осылайша өндірілген алюминийді

пеноалюминий деп атайды. Оның беріктігі алюминийден төмен, бірақ алюминийге тән емес пайдалы қасиеттері де бар. Пеноалюминий судан жеңіл, ағаш сияқты суға батпайды, отқа жанбайды, суда шірімейді. Оны арамен кесуге, балтамен шабуға, оған шеге қағуға, пісіруге, дәнекерлеуге болады. Сондықтан пеноалюминий құрылыс материалы ретінде қолданылады. Ол әсіресе кеме жасау ісінде ағаш орнына жұмсалады. Суда жүзетін танктердің қалтқыларын жасауға пайдаланылады.

Пеноалюминий өндіруде сутектің мөлшерін көбейту үшін балқыған алюминийге литийдің, бордың сутегімен қосындыларын — гидридтер қосылады. Бұл арада қанша сутек бөлінетінін көзге елестету үшін екі килограмм литий гидридінен 5 500 литр сутек бөлінетінін айта кетейік.

Қазіргі кезде алюминийдің ондаған қорытпалары өндіріледі. Олар тек авиация өнеркәсібінде ғана емес, кеме, транспорт машиналарын, тұрмысқа қажетті бұйымдар жасауда кеңінен қолданылады.

Алюминий кеме жасау ісінде алғаш рет Швейцарияда 1891 жылы пайдаланылды. Бірақ алюминий берік болмағандықтан кеме жасау өнеркәсібінде кеңінен қолданыла қоймады. Тіпті дюралюминий өндірілгеннен кейін де алюминий теңіз транспортының құрылысына пайдаланылмады. Дюралюминийдің де теңіз суында коррозияға тұрақтылығы нашар болып шықты. Сондықтан беріктігі мен коррозияға қарсы тұрақтылығы жоғары алюминий қорытпалары іздестірілді. Ақырында ондай қорытпа табылды. Ол алюминийдің магниймен қорытпасы еді. Бұл қорытпа кеме жасау өнеркәсібінің күрделі талаптарына сай болып шықты.

Алюминий-магний қорытпасы алғаш рет Англияда кеме жасау өнеркәсібінде қолданылды. Мұнда түгелдей алюминийден жасалған «Диана-II» яхтасы 1931 жылы суға түсірілді. 1958 жылға дейін бір кеме құрылысына жұмсалған алюминий қорытпасының салмағы 30-40 тоннадан аспаса, 1960 жылы Англияда жасалған жолаушылар таситын «Ориана» деген мұхитта жүзетін кеме құрылысына 1 040 тонна алюминий қорытпасы жұмсалған. Сондай-ақ алюминий қорытпалары сұңғуір қайықтар жасауда да пайдаланылады.

Кеме жасауда пайдаланылатын алюминийдің магниймен және марганецпен қорытпалары дюралюминий тәрізді кемелденбейді. Бірақ пісіруге қолайлы. Сондықтан біздің еліміздегі су астында қанаты бар «Ракета», «Ме-

теор» кемелерінің корпустары осы қорытпалардан жасалған. Ладога және Онега көлдерінде жолаушылар таситын «Доватор», «Чкалов» кемелерінде алюминий қолданылған.

Алюминийден жасалған кеме корпустары болаттан жасалған кеме корпустарынан қымбат. Бұған негізгі себеп — алюминий қорытпаларының болаттан қымбаттылығы. Оның үстіне алюминий қорытпаларын өңдеу технологиясының кейбір ерекшеліктері де конструкцияны қымбаттата түседі. Бірақ алюминий қорытпалары кеме құрылысында пайдаланылатын болаттардан 2,8—3,0 есе жеңіл. Бұл алюминийді қолдану арқылы кемелердің салмағын жеңілдетуге, жүк көтеру қабілетін және олардың жылдамдығын арттыруға мүмкіндік береді. Сондықтан кеме құрылысында алюминий қорытпаларын пайдалану тиімді.

1955 жылы Румынияда Георгиу Деж атындағы заводта Польша Халық Республикасы үшін «Мазовше» атты 600 орындық жолаушы кемесі жасалды. Бұл кеменің құрылысына алюминийдің магниймен қорытпасы пайдаланылды. Соның нәтижесінде оның жүк көтеру мүмкіндігі 75 тоннаға дейін артты.

Тәжірибе алюминий қорытпаларын әр түрлі кемелер жасауда пайдаланудың өте тиімді екенін көрсетуде. Мысалы, балық аулайтын кемелердің трюмдері алюминийден жасалса, кеменің салмағын жеңілдетумен қатар трюмдерді тазалауды оңайлатады. Алюминийдің тиімділігіне қарамастан кеме жасау ісінде пайдаланылатын негізгі металл болат болып отыр. Ал алюминийдің қолдану аясын кеңейту үшін алюминий қорытпаларының сапасын әлі де жетілдіріп, өзіндік құнын төмендету керек. Сонымен қатар мол өндіру қажет. Алюминий қорытпалары темір жол транспортында да пайдаланылады.

Транспорт жүйесінде конструкция салмағының артуы, молаюы двигательдің қуатын күшейтуді, жанармайды мол жұмсауды қажет етеді. Темір жолда вагондар салмағының ауыр болуы жолдың тез тозуына, пайдалы жүк салмағының азаюына, отын шығынының өсуіне әкеп соғады. Егер вагондар салмағын жеңілдетсе, пайдалы жүк салмағын өсіруге, жолдың пайдалану мерзімін ұзартуға, жылдамдықты арттырып, отын үнемдеуге мүмкіндік береді. Сондықтан алюминийді темір жол транспортына пайдалану барлық елдерде де кеңінен өріс алып келеді.

АҚШ-та транспорт машиналарын жасауда барлық өндірілетін алюминийдің 17 проценті, Францияда 30 проценті, Англияда 23-25 проценті жұмсалады. Вагондардың төбесі бұрын мырыш жалатылған темірмен қаптаратын және небары 9-10 жылға шыдайтын. Қазіргі кезде вагондардың төбесі алюминий қорытпаларымен жабылады. Бұл шамамен 40 жылдай мерзімге шыдайды деп жүр. Совет Одағында жасалған соңғы локомотивтердің бірі —«ВЛВОК», онда 8 700 аттың күші бар. Бұл салмағы 10 мың тоннаға дейінгі поездарды сағатына 110 километрге дейін жылдамдықпен алып жүре алады. Соңғы уақытта алюминийден жасалған, жолаушылар үшін өте ыңғайлы, самолеттегідей креслолары бар жолаушы вагондары және жүк таситын ірі вагондар Октябрь темір жолында сыннан өтіп жатыр.

Мамандардың есептеулерінше, алюминий қорытпаларын трамвай вагондарын, метрополитен поездарын жасауға пайдалану өте тиімді екен. Метрополитенде алюминий қорытпаларын пайдалану арқылы темір жол вагондарының салмағын 39 тоннадан 19 тоннаға дейін кемітуге, осының нәтижесінде поездың жылдамдығын 24 процент арттырып, 27% электр энергиясын үнемдеуге болады.

Алюминий вертолет жасауда да кеңінен пайдаланылуда. Қазір барлық елдерде де алюминийдің магниймен және кремниймен қорытпасы вертолеттер винтінің қалағын жасауға жұмсалады. Бұл қорытпа, коррозияға ұшырамайды. Сондықтан коррозияға ұшырап сызаттану қаупі аз. Егер вертолеттің винт қалақтарында сызат түскендігі байқалса, ол туралы сигнал беретін аспаптар бар. Мұндай жағдайда винттің мерзімді жұмыс істеуіне жүздеген сағат уақыт бар болса да, сызатталған винт қалағы дереу ауыстырылады.

Совет Одағында 1965 жылдан бері мұнай өндірісі қажетіне арнап алюминий құбырлары шығарылуда. Олар осы салада бұрын пайдаланылып жүрген болат құбырлардың орнын ауыстыруда. Соңғы жылдары алюминий құрылыстарда да қолданыла бастады. 1958 жылы Брюссельде өткізілген дүние жүзілік өндірістік көрмеде келушілерді көлемі мен көркемдігі жағынан Совет Одағының павильоны таңдандырды. Ол павильон алюминий мен әйнектен жасалған еді. Оның блоктары біздің елімізде жасалып, Брюссельге транспортпен жеткізілді де, павильон сол блоктардан құрастырылды. Бұл алюминийді ірі де

сәулетті құрылыстар салуда пайдаланудың тұңғыш тамаша бастамасы болды.

Кремльдегі съездер Сарайының, Москвадағы Пионерлер Сарайының, «Москва» универмагінің, Киевтегі спорт Сарайының құрылыстарында алюминий қолданылды. Москвадағы Ленинград проспектісінде 1965 жылы дүние жүзіндегі ең ірі аэровокзалдардың бірі салынды. Мұны салуға пайдаланылған негізгі материалдар бетон, шыны, алюминий еді. Үй құрылысына керекті барлық бөлшектерді: үйдің қабырғасы мен төбесін, есігі мен терезе жақтауларын алюминийден жасап, құрастыруға болады. Совет Одағында алюминийден құрастырылған алғашқы үйлер поляршылардың пайдалануына берілген. Бір ыңғайлысы, алюминийді түрлі-түсті етіп өңдеуге болады. Алюминий қорытпаларынан үй жабдықтары да жасалады. Қазір ірі қалалардағы кафелер мен асханаларда алюминийден жасалған түрлі түске боялған столдар мен орындықтарды көруге болады. Көшіп-қонуға ыңғайлы, әсіресе, экспедициялар үшін өте тиімді жинамалы кереуеттер де алюминийден жасалып жүр. Алюминий тек құрылыс материалдары ретінде ғана емес, сонымен қатар ауыл шаруашылығы мен өндірістік мәні бар басқа да объектілерде кеңінен қолданылады.

Америка Құрама Штаттары мен Канадада алюминийден диаметрі 5-7 метр, биіктігі 6-9 метр 320 тоннадай астық сиятын мұнаралар жасалған. Бұлар блоктардан құрастырылған. Егер қажет болған жағдайда оны қайтадан бөлшектеп, тиісті жерге әкетуге болады. Ауыл шаруашылығында пайдаланылатын су шашатын машиналардың құбырлары да алюминийден жасалады.

Совет Одағында тұңғыш рет 1958-59 жылдары Москва облысында алюминийден жасалған құбырлар егістік суғаруға қолданылды. Қазіргі кезде ондай құбырлар қолданатын шаруашылықтар саны артты. Соңғы жылдары алюминий қорытпалары көпір салуда, жүк көтеретін механизм, машиналардың бөлшектерін жасауда қолданылып жүр. Алюминий қорытпаларынан жасалған Англиядағы бір көпірдің ұзындығы 50 метр, ені 8 метр, салмағы 24 тонна. Егер осы көпір болаттан салынса, оның салмағы 70 тонна болар еді.

Жылтыр етіп өңделген алюминийдің сәуле шашырату қабілеті жоғары. Сондықтан ол астрономиялық айналар мен рефлекторлар жасауда күміс орнына пайдаланылады. Алюминийдің тағы бір ерекшелігі — одан үйкеліс,

соқтығысу кезінде ұшқын шықпайды. Осы қасиетіне байланысты сұйық оттек, сутек, мұнайдан өндірілген заттарды сақтайтын резервуарлар, бактар алюминийден жасалады. Алғашқы самолеттің бензин бактары алюминийдің магниймен қорытпасынан жасалған. Алюминий электр тогын мысқа қарағанда нашар өткізгенімен, оның салмағы мыстан үш есеге жуық жеңіл. Осыған байланысты олардың салмағын бірдей алған жағдайда алюминий мыстан электр тогын екі есе жеңіл өткізеді. Сондықтан электр өндіруде алюминийден жасалған сымдар қолданылуда. Алюминий сымдардың тиімділігі электр тогын беретін линияларда тиянақ-тіректер аралығын ұлғайтуға едәуір мүмкіндік береді. Бұл тиянақ-тіректер болаттан жасалатындықтан олардың санын азайтудың экономикалық жағынан маңызы бар.

Алюминий қорытпалары электротехника мен электроникада да тиімді түрде жұмсалуда. Мұндай қорытпалардан жасалған телевизорлар мен радиоқабылдағыштардың корпусы ағашқа қарағанда арзанға түседі. Себебі, ағашты өңдеу жұмысы алюминийді өңдеуден едәуір артық еңбек жұмсауды талап етеді. Тазалығы жоғары алюминий басқа металдарды, мысалы, болат пен темірді коррозиядан сақтау үшін оларды қаптауға қолданылады. Бұрын бұл салада түгелдей дерлік мырыш қолданылушы еді.

Алюминий фольгалары түрлі тағамдар, сигареттер орауға, сүт құйылған бөтелкелердің аузын бекітуге, тіс жуатын паста және кремдер салатын тюбиктер жасауға жұмсалады. Сонымен қатар алюминийден сүт және басқа да сұйық заттар құятын бидондар жасалады. Ыстық металлургия цехтарында от жалынынан қорғану үшін бұрын асбестен тоқылған киімдер киетін еді. Қазір осы киімдердің тысы алюминий фольгасымен қапталды. Мұның өзі от жалынының киіммен шағылысуын күшейтіп, қызудың өтуін бәсеңдетеді.

Алюминий өңдеудегі ең соңғы жетістіктердің бірі — металды электролитикалық тәсілмен сәндеп өңдеу. Мәселен, бояуларды қоса пайдаланып, электролиттік тәсілмен өңдеу арқылы алюминийдің түсін алтын немесе күміс түстес етіп түрлендіруге болады. Осылайша өңделген алюминийдің сыртқы қабаты өте тұрақты болып, өзінің әрлілігін жоймай, ұзақ жылдар бойы сақталады. Осы жолмен өңделген бұйымдар қазіргі сауда орындарында сатуға жиі түсіп, арзандығымен, сәнділігімен

тұтынушылардың көңілінен шығуда. Бұлардан сағаттың қабы, зергерлік бұйымдар жасалады. Кемелердің, вагон, автобустардың, тұрғын үйлердің, мәдениет сарайларының ішін әсемдейді. Алюминий қағаздың да құрамында бар. Ол қағазға сия сормайтын қасиет береді.

Алюминий қорытпаларын зерттеуде металтану ғылымы көп жетістіктерге жетті. Қандай да болсын металды пайдалануда негізгі екі мәселені анықтаудың жөні бөлек. Бірінші, металдың, қорытпаның қасиетін, мысалы, беріктігін, коррозияға қарсы тұрақтылығын анықтау. Екінші, металды тиісті форма мен мөлшерге келтіріп өңдеу тәсілін игеру. Бұл сұрақтардың шешімі металдың ішкі құрылымына, оның сыртқы әсерлер (температура, қысым т. б.) нәтижесінде өзгеруіне тәуелді. Металтану ғылымы металдардың ішкі құрылымы мен олардың әр түрлі қасиеттері арасындағы байланыстылықты зерттейді.

Деформацияланатын алюминий қорытпалары термоөңдеуге жатпайтын, термоөңдеуге жататын қорытпалар болып екі топқа бөлінеді. Бірінші топтағы қорытпаларда легирлеуші элементтер мөлшері аз. Бұл қорытпалар алюминий тәрізді жұмсақ, бірақ таза алюминийден берік. Бұлардың беріктігін, қаттылығын қыздырмай прокаттау және қысыммен өңдеудің басқа түрлерін қолдану арқылы арттыра түсуге болады. Термоөңдеуге келетін алюминий қорытпасында легирлеуші элементтер мөлшері бірнеше процент болып келеді. Термоөңдеу нәтижесінде қорытпаның беріктігі елеулі артады. Оны жұмсақ алюминийден екі есе, тіпті одан да артық етіп өңдеуге болады.

Нақтылы жағдайларда айрықша қасиеті бар алюминий қорытпалары қолданылады. Мысалы, іштен жанатын двигательдердің поршеньдері цилиндр ішінде жоғары жылдамдықпен жоғары-төмен қозғалып тұрады. Сондықтан поршеньдер жеңіл әрі берік материалдардан жасалуы шарт. Цилиндрдің аса қызбауы үшін поршень жылуды жеңіл өткізетін материалдан жасалғаны жөн. Сонымен бірге материалдың қызудан ұлғаю коэффициенті төмен болуы керек. Онсыз қызған поршень көлемі елеулі түрде ұлғайып, цилиндр ішінде тез қозғалудың орнына ол цилиндрге кептеліп қалуы мүмкін. Міне, осындай талаптарға сай металл қорытпасын табу оңай мәселе емес. Металтану мамандары мен металлургтер бірлесіп жоғарыда айтылған талаптарға сәйкес алюминий негізінде құрамы күрделі қорытпаны тапты, солардың бірі — АЛ 17В деп маркаланады. Оның құрамына крем-

ний, никель, мыс, ал кейде хром немесе кобальт қосылады.

Бір ғасыр мерзім ішінде алюминий бағалы, сирек металдан техникада темірден кейін ең мол қолданылатын металға айналды. Ғалымдар мен инженерлер алюминий негізінде жаңа талаптарға сай қорытпалар өндіруді іздестіруде.

Соңғы жылдары жеңіл металл қоспаларын өндіруде ғылыми-зерттеу институттары мен өндіріс орындары елеулі жетістіктерге жетті. Солай бола тұрса да, жеңіл металл қоспаларын өндіруді ұлғайту, оларды өңдеу технологиясын жетілдіру күрделі проблемалардың бірі болып отыр. Алайда алюминий техника мен индустрияда болатпен және шойынмен әлі де бәсекеге түсе алмайды. Себебі дүние жүзінде өндірілетін алюминий мөлшері қара металдар мөлшерінің бірнеше проценті шамасында ғана. Бағасын салыстырсақ, бір тонна алюминий бір тонна шойыннан 12—14 есе қымбат екен. Сондықтан жалпы индустрияда қолданылатын металдардың ішінде болат пен шойынның үлесі басым болып қала береді.

Алюминий туралы сөз болған кезде оны авиация өнеркәсібінің дамуынан бөліп қарауға болмайды. Бұл жеңіл металсыз және оның әрі берік, әрі ауада коррозияға қарсы тұрақты, әрі жеңіл қорытпаларынсыз авиация техникасын көзге елестету қиын. Қазір самолетті жасауға жұмсалатын металдардың үштен екісі алюминий қоспалары. Рас, бұл салада алюминий дара металл емес. Өйткені самолет жасауда магний, тағы басқа да бірқатар металл қорытпалары қолданылады. Солардың ішінде магнийге тоқтала кету керек.

Магний. Менделеев кестесінде 12-номерлі элемент. Өндірісте кеңінен қолданылып жүрген материалдар ішіндегі ең жеңілі. Ол темірден бес есе, титаннан екі жарым есе, алюминийден бір жарым еседей жеңіл.

Магний жер қойнауында алюминий, темірден кейін үшінші орын алады. Таза магний ақ түсті, балқу температурасы 650 градус, меншікті салмағы 1,73 г/см^3. 1808 жылы ағылшын химигі Хэмфри Дэви магний амальгамасын (магний мен сынап қосындысын) алды. Бірақ оның амальгамадан таза магнийді бөліп алғаны белгісіз. Таза магнийдің тұңғыш грамдарын француз химигі Бюсси 1829 жылы алды. Осыдан біраз уақыт өткен соң 1862 жылы Лондонда өткізілген Дүние жүзілік көрмеде маг-

ний қойылды. Алайда магний алюминий тәрізді көпшіліктің назарын аудара қоймады.

Магний отқа жанады. Осыған орай оны техникада пайдалану қолайсыз, қауіпті деген пікір болды. Алайда қауіпсіздік шараларын қолданған жағдайда магнийдің жану қаупі оны құюға, өңдеуге, пайдалануға кедергі емес. Балқыған магнийді құйғанда оны ауадан сақтау үшін бетін тұз ерітіндісімен қорғайды. Тұз ерітіндісі магнийден жеңіл болғандықтан ол сұйық магнийдің бетінде қалқып тұрады. Бұл мақсатта инертті газдарды да пайдалануға болады.

Магнийді кескен кезде технологиялық сақтандыру шаралары бұрмаланса, ұсақ магний жоңқалары өздігінен жануы мүмкін. Магний бұйымын қырнау, жалтырату, өңдеу процестері кезінде де ауамен араласқан магний тозаңы өздігінен жануы ықтимал. Магнийден тез жанатын өртегіш бомбалар жасалады. Осындай бомбалар екінші дүние жүзілік соғыста қолданылды. Кейіннен напалмды бомбалар шықты. Бұлардың сырты магний қорытпасынан жасалған. Ауада магнийдің үстіңгі қабаты жұқа тотықпен қапталады. Бұл жағынан ол алюминийге ұқсас. Таза магний беріктігі төмен, осал металл. Сондықтан ол таза түрінде конструкциялық материал ретінде пайдаланылмайды. Магнийдің белгілі қорытпалары бар. Әуелде магнийдің құймалары пайдаланылатын еді. Соңғы 25—35 жыл ішінде магнийдің деформацияланатын қорытпалары игерілуде. Магний қорытпаларының бір тиімді ерекшелігі — оларды механикалық тәсілдермен өңдеу жеңіл. Магний қорытпасын жонуға жезден екі есе, болаттан алты есе кем қуат жұмсалады. Магнийдің екінші бір ерекшелігі ол құрғақ ауада коррозияға төзімді. Ал қыздырылған кезде ол өте жылдам тотығады, тіпті балқу температурасына жетпей-ақ жана бастайды. Таза магний пиротехникада, яғни жанғыш және жарылғыш заттар өндіруде, химиялық өнеркәсіпте қолданылады.

Магнийдің әр түрлі металдармен қорытпалары конструкциялық материал ретінде пайдаланылады. Термоөңдеу тәсілі арқылы магний қорытпаларының сапасын едәуір жақсартуға болады. Қазіргі өнеркәсіпте пайдаланылып жүрген магнийдің бірнеше сапалы қорытпалары бар. Магний өте жеңіл болғандықтан, оның қорытпалары да жеңіл. Сондықтан магний қорытпалары салмағы жеңіл конструкция жасауға өте тиімді. Салмағы жеңіл

қорытпалар әсіресе самолет моторларын, авиация мен ракета жабдықтарын жасауға пайдаланылады.

Магний негізіндегі алюминий мен мырыш қорытпалары 150 градусқа дейінгі жылылықта жұмыс істеуге төзімді келеді. Бұлар авиацияда поршеньді моторлар жасауға жұмсалады. Магнийдің лантан және циркониймен қорытпалары 200 градус жылылықта, ал торий және циркониймен қорытпасы 370 градусқа дейін жылылықта беріктігін сақтайды. Бұл қорытпалар реактивтік моторлар жасауға қолданылады.

Магнийдің ториймен қорытпасы самолет моторларымен қатар, баллистикалық ракета, реактивтік самолет детальдарын және электроника аппараттарын жасауға пайдаланылады. Құрамында күміс, сирек металдар, цирконий бар магний қорытпаларын беріктігі белгілі мақсаттарға сай және оларды қосымша өңдеусіз құйма түрінде пайдалануға болады. Алюминий қорытпаларымен салыстырғанда, магний қорытпалары сілтілерге қарсы тұрақты, қышқылдарға қарсы тұрақсыз келеді. Дымқыл ауада да төзімділігі төмен. Сондықтан оларды коррозиядан сақтау қажет. Бұл салада магний қорытпаларын хром және басқа да материалдармен қаптау тәсілі қолданылады. Магний қорытпалары әр түрлі механикалық өңдеуге, пісіруге жеңіл көнеді және көптеген жағдайда пісіруден кейін оларды термоөңдеудің қажеттігі болмайды. Ракета техникасының, реактивтік авиацияның, электрониканың қарқынмен дамуына байланысты магний қорытпаларының қажеттігі арта түсуде. Бұдан магний қорытпалары тек жоғарыда айтылған салаларда ғана пайдалы екен деген түсінік тумауы керек. Бұл қорытпалар автомобиль өнеркәсібінде — двигательдердің бөлшектерін, оптика мен дәл механикада, дүрбілер мен фотоаппараттардың корпустарын, жону және фрезер станоктарының, бұрғылау машиналарының бөлшектерін жасауға жұмсалады.

ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҢА МЕТАЛЛ

Жоғарыда біз қазіргі техникалық негізгі қорытпа — болаттың нақтылы талаптарға сәйкес айрықша қасиеттері оның құрамына арнаулы элементтер қосу арқылы қалыптасатынын айттық. Онсыз болаттың коррозияға қарсы тұрақтылығы да, беріктігі де, ыстыққа төзімділігі де қажетті шамадан төмен болады. Ең сапалы болатты

авиация өнеркәсібінде пайдалануға салмағының ауырлығы кедергі болып келеді. Ал жеңіл, әдеттегі жағдайда беріктігі жеткілікті алюминий қорытпалары қыздыруға төзімсіз, олардың беріктігі 300 градустан жоғары температурада күрт төмендейді. Сондықтан әрі жеңіл, әрі берік, әрі коррозияға қарсы тұрақты, баяу балқитын металл конструкторлардың ежелгі арманы болып келеді. Соңғы 45-55 жыл ішінде осындай тамаша қасиеті бар жаңа металл — титанды өндіріс қажетіне керекті мөлшерде өндіру игерілді. Соңғы жылдары ғана іске аса бастағанмен, бұл металдың белгілі болғанына екі жүз жылдай мерзім өтті.

1795 жылы неміс химигі М. Клапрот рутил атты минералды зерттеп, одан бұрын белгісіз металл тұнбасын алды. Бұл металды Клапроттан төрт жыл бұрын ағылшын Мак-Грегор Менакан поселкасының маңайынан тапқан еді. Бірақ Мак-Грегор жаңа элементті нақтылы сипаттай алмады. Оның басты себебі, ол жаңа металды қосындылардан тазартып дара бөліп ала алмады. М. Клапрот өндірген тұнбадағы таза металл емес, белгісіз металдың сұр түсті тотығы еді. Сондықтан Мартин Клапрот жаңа металдың қасиеттерін анықтай алмады. Өз дағдысы бойынша грек мифтеріндегі батырлар атын пайдалануды ұнататын Клапрот жаңа элементке *титан* деп ат қойды.

Титан жер қойнауында мол тараған элементтер қатарына жатады, темір, алюминий, магнийлерден соң төртінші орында. Ол жер қыртысының 0,6 процентін құрайды. Жер қойнауындағы мыс, мырыш, никель, ванадий, хром, марганецтерді қосып есептегендегіден үш есе мол. Титанды көбінесе оның минералдары рутил мен ильменittен өндіреді. Жер қойнауында мол болуына қарамай таза титан ашылған соң жүз жылдан астам мерзім өткеннен кейін өндіріле бастады. 1910 жылы американ химигі М. Хантер лабораториялық жағдайда бірнеше грамм ғана таза титан алды. Клапрот сипаттаған «металл тұнба» таза титан емес, оның тотығы екен. Таза титан алу өте қиын, ол газдарды, азот пен көміртекті тез сіңіреді. Газ және басқа қосындылар араласқан титан морт омырылғыш болады, ондай титан өңдеуге келмейді. Сондықтан титан ұзақ жылдар металтану мамандарының назарынан тыс қалып келді. Титанды техникалық мөлшерде өндіру игерілген соң, ғалымдар оны мұқият зерттеп, титанның өте тиімді қасиеті бар екенін анықта-

ды. Бүгінде титан және оның қорытпалары легирленген болаттардан кем емес.

Титанның салмағы темірден екі есеге жуық жеңіл, бірақ беріктігі темірден бірнеше есе артық. Титанның бір қасиеті, ол өзінің беріктігін құрамына басқа элементтер қоспай-ақ, демек легирленбеген таза түрінде 500 градус ыстықта сақтай алады. Бұл температурада тек аса сапалы, қыздыруға төзімді болаттар ғана пайдаланылады. Титанның балқу температурасы 1690 градус. Ол болаттан едәуір баяу балқиды. Титанның коррозияға қарсы тұрақтылығы тамаша. Ауада тотықпайды. Оған ауаның дымқылдығы, құрғақтығы, жаздың ыстығы, қыстың аязы — бәрі бір. Әдетте, темір лас, қоңыр түске еніп, тотығып, шіріген жағдайда титанға тіпті дақ түспейді. Қышқылдардың да көпшілігі оған әсер етпейді. Қышқылдар әсеріне ең төзімді металдар — асыл металдар. Металл «патшасы»— алтын қышқылдар әсеріне қарсы өте тұрақты, бірақ алтын тұз қышқылы мен азот қышқылы қоспасының әсеріне төзімсіз. Сондықтан бұл қышқылдар қоспасы «Патша арағы» деп аталған. Осы «Патша арағы» да титанға әсер ете алмайды. Бұл агрессивті ортада коррозияға төзімді болаттың 10 мм қалыңдығы бір жыл ішінде еритін болса, титанның тек 0,005 мм қалыңдығы ериді. Осыған орай ол әр түрлі қышқылдар сақтайтын ыдыстар үшін таптырмайтын материал. Титан теңіз суында да коррозияға қарсы тұрақты. Беріктігі жағынан сапалы легирленген болаттар титанмен шамаласса, коррозияға тұрақтылығы жағынан алғанда тотықпайтын болаттар онымен қатар тұра алмайды.

Титан конструкциялық металл ретінде пайдаланылмай тұрып-ақ, оның қоспалары түрлі мақсатқа қолданылып келді. Титанның тұңғыш рет қолданылуы — оның оттекпен қоспасынан белила — ақ майлы бояудың өндірілуі болды.

Титан белилалары дүние жүзіндегі аса жоғары сапалы белила болып есептеледі. Титан тотықтары баяу балқитын шынылар өндіруде, түтін шығаратын заттар дайындауда пайдаланылады. Қою түтін тарататын титан тотықтары көктемгі үсік кездерінде егінді, бақтарды үсіктен сақтап қалуға қолданылады. Титан тотықтары синтетикалық каучук өндіруде катализатор қызметін атқарады. Титанның көміртегімен қосындысы — титан карбидінің қаттылығы өте жоғары. Ол өте қатты қорытпалар құрамына кіреді. Оттегіне өте жақын болуына орай,

ол жоғары температурада болатты оттегінен тазартуға қолданылады. Титан балқытылған болатты оттегімен қатар азоттан да тазартады. Ол жоғары температурада азотпен де өте оңай қосылады. Сонымен қатар титан болаттың сапасын арттыруға да пайдаланылады. Құрамында хром және никель бар тотықпайтын болатқа титан қосылса, онда бұл болаттың сапасы артады, тотықпау температурасы жоғарылайды. Титанның тамаша қасиеттерімен қатар, оның конструкциялық металл ретінде кең тарауына себепкер болған тағы бір жағдай — ол жер қыртысының 0,6 процентін құрайды. Яғни, титан қоры мыс, цинк, күміс, қорғасын, қалайы, никельдің барлығын қосқандағыдан көп.

Титанды таза түрінде пайдаланғаннан гөрі болат, қола, жез, тағы басқа қорытпалар сияқты оның әр түрлі қорытпаларын өндірген әлдеқайда тиімді.

Титанның екі түрлі аллотропиялық модификациясы бар. Біріншісі α — титан, 880°С-қа дейін тұрақты көлемі центрленген куб кристалл торында қалыптасады. Екіншісі 880°С-тан балқу температурасына дейін тұрақты. Бұл модификациясы β-титан, тығыз гексогоналды кристалл торында қалыптасады. Титанның легирленген конструкциялық бірнеше қорытпалары бар. Легирлеуші элементтің кейбіреуі α-титанды, екіншілері β-титанды, үшіншілері $(\alpha+\beta)$ титанды тұрақты етеді. Осыған орай титан қорытпалары α,β, $(\alpha+\beta)$ боп жіктеледі. Титанды негізгі легирлеуші элементтер: алюминий, қалайы, ванадий, хром, молибден, кобальт, тағы басқалар. Титанды өндіру және легирлеу тәсілдері үнемі жетілдірілуде. Келешекте кузовы титаннан жасалған әрі берік, әрі тот баспайтын машиналар жасалуы мүмкін. Мұндай кузовтар қазіргі табақ болаттан жасалған кузовтардан екі еседей жеңіл болар еді. Титанның алюминиймен және қалайымен қорытпасының созылғыштық қасиеті жоғары. Жалпы титан қорытпаларын болаттар тәрізді термоөңдеуден өткізуге, оларды шынықтыруға, кемелдендіруге, сөйтіп қасиеттерін жетілдіре түсуге болады.

Қазіргі кезде титан көбінесе авиация өнеркәсібінде пайдаланылады. Мысалы, Англияда барлық титанның 90 проценті авиация өндірісінде пайдаланылады екен. Реактивтік двигательдер жоғары температурада жұмыс істейді. Осы двигательдердің құрылысына титанды пайдалану олардың жоғары температурада жұмыс істеу қабілетін арттыруға, қуатын өсіруге мүмкіндік береді. Ды-

быстан тез ұшатын самолеттердің қанаты мен корпусы ауаға үйкелу әсерінен қызады да, осының салдарынан алюминий қорытпаларының беріктігі төмендейді. Мұндай жағдайда титан өте үйлесімді материал. Себебі ол болаттан көп жеңіл, ал қыздыруға сапалы болат түрлерінен әлдеқайда төзімді, алюминий қорытпаларынан бірнеше есе артық. Тіпті самолеттің болаттан жасалған бұрандалары мен ұсақ бөлшектерін титаннан жасаудың өзі-ақ самолеттің салмағын жеңілдетеді.

Бүкіл әлемде өндіріліп жатқан титанның 90 проценті қазір авиация, космос, ракета техникасында пайдаланылуда. Әскери және ірі транспорт самолеттерінің маңызды бөлшектері титаннан жасалады. Дыбыстан тез ұшатын самолеттер құрылысына 4 тоннадан 25 тоннаға дейін титан жұмсалады.

Титан әскери машиналарды жасауда да тиімді. Өйткені болат орнына титан қолдану арқылы әскери машиналардың салмағын жеңілдетуге және броняларды қалыңдатуға болады. Бұл екі бағыттың да соғыс техникасы үшін маңызы зор. Соғыс машиналарының салмағын жеңілдету оның маневрлігін жақсартады, жылдамдығын өсіреді, жалпы тактикалық-техникалық көрсеткіштерін жетілдіруге мүмкіндік береді. Ал танк, самолет, кемелерде броня кеңінен қолданылады. Броня болаттарының құрамына қымбат металдар, марганец, хром, никель, молибден, ванадий қосылады. Қазіргі кезде соғыс техникасының жетілдірілуіне байланысты броняларды неғұрлым қалыңдатуға тырысады. Бұл салада беріктігі сапалы болатпен шамалас, кейде одан да артықшылығы бар, ал салмағы едәуір жеңіл титанды қолдану әлдеқайда тиімді болып отыр. Теңіз суында коррозияға қарсы тұрақты болуына байланысты титан кеме жасау өнеркәсібінде қолданылады. Ол суға қонатын самолеттер құрылысында, әсіресе олардың қайығын жасауға пайдаланылады. Түтін және теңіз суы әсер ететін жерлерде титаннан радиолокаторлардың антенналары және басқа бөлшектері жасалады. Титанның беріктігі, коррозияға қарсы тұрақтылығы, қыздыруға төзімділігі оның химия өнеркәсібінде де табыспен қолданылуына мүмкіндік беруде. Титаннан жасалған бұйымдарды қолданған жағдайда олардың пайдалану мерзімінің едәуір ұзарып, еңбек өнімділігінің артатындығы технологиялық процестерде анықталған жай. Сонымен қатар еңбек қауіпсіздігін сақтау, айналадағы ортаға зиянды әсерді кеміту мүмкіндіктері де

молаяды. Сондықтан химия өнеркәсібінде қазір коррозияға қарсы төзімді бөлшектер түгелдей титаннан жасалады. Титан табылғанға дейін органикалық қышқылдар, хлоридтер, құрғақ хлор өндіретін орындарда жұмыс істейтін насостардың бөлшектері никель-хром-молибден қорытпаларынан жасалатын. Олар бір жылға жетпейтін уақыт ішінде істен шығып қала беретін. Бұл материал жоғарыда аталған агрессивті орталарда одан артық уақытқа шыдамайтын. Егер осы насостардың бөлшектері титаннан жасалса, олар бірнеше жылға шыдайтын еді.

Титаннан жоғары қысым жағдайында газ және сұйық заттар сақтайтын баллондар жасалады. Сұйық хлор өткізілетін клапандар титаннан жасалса, олардың да жұмыс істеу мерзімі елеулі ұзарады. Никель-хром-молибден қорытпасынан жасалған екі оттекті хлор тотығын (қостотық) араластыратын барабандар бұрын бес сағат сайын ауыстырылып отыратын. Егер бұл барабандардың ішкі қабаттары титанмен қапталса, ол жыл бойына коррозияға ұшырай қоймайды. Тотықпайтын болаттан жасалған кейбір агрессивті сұйықтар ағатын трубалардың вентильдері 70 сағат үздіксіз жұмыс істеген соң істен шығып, ауыстырылатын. Осындай жағдайда пайдаланылатын титаннан жасалған вентильдер 1 680 сағат, яғни тотықпайтын болаттан 24 есе ұзақ жұмыс істейді. Жоғары жылдамдықпен бу өткізетін инжекторлар шойыннан жасалатын да, олар 3 айға шыдайтын. Титаннан жасалған осындай инжекторлар 2,5 жыл коррозияға ұшырамай жұмыс істейді. Бұрын химия өнеркәсібінде ыстық азот қышқылын араластырып тұру үшін тот баспайтын болаттан жасалған араластырғыш қолданылатын. Ол бірнеше айға ғана шыдайтын. Ал істен шыққан араластырғышты алмастыру үшін жұмыс тоқтатылатын. Кейін осы азот қышқылын араластырғыш титаннан жасалды. Ол тотықпайтын болаттан жасалған араластырғыштан үш есе қымбатқа түсті. Бірақ бес жылдай ауыстырылмай жұмыс істеді. Бұл мерзім ішінде бұрын ондаған рет араластырғыш ауыстыру үшін тоқтатылатын өндірістің ендігі жерде үздіксіз жұмыс істеуіне мүмкіндік туды. Құрамында вольфрам, бор, бериллий бар титан қорытпаларының ыстыққа беріктігі жоғары. Бұл қорытпалар ракета техникасын жасауға тиімді пайдаланылады. Біздің елімізде титан қорытпаларын өндіру, оларды өңдеу саласында елеулі жетістіктер бар. Қазақстанда

1965 жылы Өскемен титан-магний комбинаты іске қосылды.

Титан күміс түсті көркем металл. Сондықтан ол әр түрлі сәндік бұйымдар жасау үшін қолданылады. Мысалы, 1967 жылы ноябрьде Москва қаласында Совет халқының космос кеңістігін игерудегі ұлы табыстарына арналып жасалған монументтің биіктігі 100 метр. Оның сырты жылтырлатып өңделген титанмен қапталған. Медицина саласында пайдаланылатын титан қорытпалары да бар. Олардың ішінде совет ғалымы профессор Константин Сиваш жасаған жамбас пен ортан жілік буынының протезін (жасанды мүше) атап айтуға болады. Бұл протез титан-кобальт қорытпаларынан жасалған. Ол қазір дүние жүзінің мамандарына белгілі. Мамандардың топшылауынша, титан негізінде жасалған бұл жасанды буын өз міндетін 140 жыл мүлтіксіз орындай алады.

Қазір титан өндіріс пен техника саласында барлық жағдайда пайдалануға болатындай мөлшерде өндірілмейді. Оның бағасы да қымбат, өңдеу тәсілдерін жетілдіру, сапасын арттыру мүмкіндіктері де әлі жете зерттелген жоқ. Алайда ол қысқа мерзімнің ішінде көптеген сыннан өтті, өндірістің әр саласында шамалы мөлшерде іске асырылғанымен көп пайда келтірді, күрделі техникалық проблемаларды шешуге мүмкіндік берді. Осыған орай титан техникалық жаңа металл деп аталып жүр. Бірақта оның әлі де ашылмаған сырлары, пайдалануда кездесетін қиыншылықтары да бар. Мәселен, концентрациялы азот қышқылында титанның жарылуы ықтимал. Егер алдын ала өңдеуде аса ұқыптылық жасалмаса, оның азот қышқылында жарылу мүмкіндігі өсе түседі. Сондықтан титан азот қышқылын сақтайтын ыдыстар жасауға пайдаланылмайды. Кейбір жағдайларда титанның ауада жануы ықтимал. Ұнтақталған титан өздігінен де тұтануы мүмкін. Жұқа титан кесінділері тез жанса, ал кесек титан тек алдын ала қыздырылған жағдайда ғана жанады. Оның жалынының температурасы 3000 градусқа (Цельсий бағанасымен) дейін барады. Жанған титанды сумен сөндіруге болмайды. Себебі титан суды сутегі мен оттегіне ыдыратады. Мұндай жағдайда «күркіреуік газ» пайда болып, жарылыс тууы мүмкін. Бір тәуірі, әдеттегі жағдайда титан жанбайды. Термоөңдеу процесінде титан қорытпалары ауада жоғары температураға дейін қыздырылғанмен жану болған емес. Титанды адам

игілігіне жұмсауда оның, міне, осындай сырлары терең зерттеліп, толық ескерілуі шарт.

БІР ҰЯДА

Д. И. Менделеевтің периодтық жүйесіндегі элементтер периодқа, топқа бөлінген, әрқайсысының лайықты орны бар. III топтағы 57-номерлі элемент лантаннан бастап, 71-номерлі лютеций аралығындағы 15 элемент бір ұяда орналасқан. Бұл бір ұядағы он бес элементті бір ғана атпен лантанидтер немесе сирек жер элементтері деп, ал бұлардың тотығын сирек жерлер деп атайды. Лантанидтер ұзақ жылдар бойы құпия болып келді. Сирек жер элементтерінің тұңғыш рет ашылуы және олардың қасиеттерінің зерттелуі бұдан екі ғасыр бұрын басталды. Алайда, лантанидтердің сыры әлі күнге дейін толық ашыла қойған жоқ. Осы бағыттағы тұңғыш қадамдар жайлы қысқаша тоқталайық.

«Жер» деген термин элементтерге орта ғасырда қолданылды. Ол кезде «Жер» деген термин тұрақты, құрамын талдау қиын деген мағынада кейбір тотықтарды сыйпаттауға қолданылды. Осы мағынада магнезийді «ащы жер», баритті «ауыр жер», «цирконийлі жер» деген терминдер орта ғасырдан қолданылып бізге дейін жетті. Бұл «жерлердің» құпия сыры кейінгі кездерде олардан таза металды бөліп алғанда ғана шешіле бастады. Осы бағыттағы зерттеулерге тоқталайық.

1794 жылы Або қаласының (Финляндиядағы Турку қаласы бұрын осылай аталған) тұрғыны профессор Гадолин 1788 жылы ашылған шыныдай жылтыр қара минералды зерттеп (бұл минерал қазір гадолинит деп аталады), одан бұрын мүлде белгісіз болып келген жаңа химиялық қоспаны бөліп алды. Гадолин бұл жаңа қоспаны «иттрийлік жер» деп атады. Кейіннен жүргізілген зерттеулер — Гадолин ашқан «иттрийлік жер» құрамы күрделі екенін дәлелдеді. Ол бериллийдің және бір белгісіз элементтің тотығына жіктелді. Біріншісі, «бериллийлі жер», ал екіншісі бастапқыша «иттрийлі жер» деп аталды. Сирек жер элементтерін зерттеудің алғашқы қадамы осылайша басталған еді. Гадолиннің еңбектерінен бастап жүргізілген сирек жер элементтерін зерттеулер тарихы, бұлардың басқа элементтерді зерттеуден айырмашылықтары бар екенін көрсетті. Лантанидтердің физикалық, химиялық қасиеттері өзара өте ұқсас. Сондықтан

оларды бір-бірінен айыру, таза түрінде өндіру өте күрделі жұмыс. Бұған осы бір ұядағы элементтерді зерттеуге арналған еңбектер мысал бола алады.

Жоғарыда айтылған «иттрийлі жер» бертін келе күрделі қоспа болып шықты. Иттрийлі жер элементін үш құрамға жіктеу тек 1843 жылы ғана мүмкін болды. Оның бір құрамы бұрынғыша «иттрийлі жер» деп, қалған екеуі эрбийдің және тербийдің тотықтары деп аталды. Ал 1878 жылы эрбий тотығының құрамында қосымша иттербийдің тотығы бар екені анықталды. Кейінірек иттербий тотығы да күрделі болып шықты. Оның құрамында бұрын белгісіз элементтің тотығы бар екені анықталды. Бұл элемент — Д. И. Менделеевтің периодтық жүйеге сүйеніп, алдын ала болжап айтқан элементі скандий еді.

1803 жылы ашылған «церийлі жерде» 1839 жылы церийден басқа лантан тотығы да бар екені анықталды. Бертін келе лантан тотығының құрамында белгісіз элементтің тотығы бар екені белгілі болды. Жаңа тотыққа дидим деген ат берілді. Алайда дидим де күрделі болып шықты. Оның құрамында екі элемент бар екен. Бұлар Д. И. Менделеев кестесіндегі 59 және 60 номерлі празеодим және неодим деп аталатын элементтер.

Сөйтіп, сирек жер элементтерін ғалымдар бірте-бірте аша бастады. Қазір бұл бір ұядағылардың қатарына он бес элемент жатады. Олар: лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций. Бұл элементтер иттрий және церий тобы болып негізгі екі топқа бөлінеді. Церий тобындағы металдар жер қойнауында молырақ кездеседі, едәуір зерттелген және иттрий тобындағы элементтерден гөрі пайдаланылатын саласы да көп.

Церийдің жалпы қоры кадмий, вольфрам, қалайыдан көп. Лантан сынаптан бірнеше жүз есе көп тараған металл.

Сирек жер элементтері қасиеттерінің өзара ұқсас болуы — оларды таза түрде өндіруге ұмтылғандарды талай рет шатастырды. Оның негізінен екі түрлі себебі болды. Минерал құрамында өте аз мөлшерде болатын элементтерді талдаудың ол кездегі ең дәл тәсілі — спектр анализі еді. Әрбір жаңа элемент спектрде өзіне тән түсті жаңа сызықша береді. Спектр анализі осы принципке негізделген. Бірақ көптеген зерттеушілер спектрдегі әрбір жаңа сызықша — жаңа элементтің белгісі деп түсінді.

Бұл қате түсінік еді. Шын мәнінде спектрдегі жаңа сызықша сирек жер элементтерінің тотықтар қосындысына да сәйкес келуі мүмкін. Осы мүмкіндікті ескермеген ғалымдар шатасып жаңа элемент аштық деп ойлады. Мұндай қателіктің екінші себебі бар. Д. И. Менделеев кестесіндегі барлық элементтердің қасиеттері олардың атомдық салмағының өсуіне орай периодтық заңдылықпен өзгереді. Ал сирек жерлер деп аталатын тобында бұл заңдылық сақталмайды. Сондықтан бұлар периодтық жүйеде бір ұяда орналасқан және олардың жалпы саны бастапқы уақытта анықталмаған еді. Бұлардың осылайша ерекше болу себебін ол кезде ешкім толық болжай алмады. Сирек жер элементтерінің жұмбақ сыры — Дания ғалымы Нильс Бор атомдарда электрон қабаттарының толтырылу теориясын ашқан соң шешілді. Бұл теория бойынша 58-номерлі церийден кейінгі атомдарда кезекті электрондар ішкерірек, яғни сыртынан санағанда электрон қабыршағының үшінші қабатында орналасады да, 71-номерлі элемент лютецийдің ішкері жағындағы үшінші қабаты да толып бітеді. Сондықтан да 57-номерлі лантан мен 71-номерлі лютеций аралығындағы барлық 15 элементтің электрон қабықшасымен сыртқы қабатындағы электрондар саны бірдей. Осыған орай олардың физикалық, химиялық қасиеттері айтарлықтай өзгеріссіз, бір-біріне ұқсас.

XIX ғасырда өнеркәсібі дамыған үлкен қалаларды жарықпен қамтамасыз ету қажеттігі туды. XVIII ғасырдың бас кезінде газ жалынының сәулесі қала мұқтаждығын өтей бастады. Жарық беретін газдың (светильный газ) өзі де XVIII ғасырдың бас кезінде тас көмірден өндірілді. Ал 1818 жылы Париж көшелерінде газ жалыны сәулесімен жарық берілді. Алғашқы кезде май шамнан жарығы көп газ сәулесін жұртшылық қауым ұнатқанымен, оны пайдалануға келгенде қауіптене қарады. Лондонның көшесінде тұңғыш рет газ жарығы жанғанда, оны жағу маман-химикке тапсырылған. Себебі мұндай «қауіпті» жұмысқа ешкімнің де батылы бармаған. Газ жарығы ірі қалалар тұрмысына бірте-бірте енді. Алайда газ фонарларының сәулесі көмескі болды, көп жағдайларда, мысалы, шахталарда газ сәулесінің жеткіліксіздігі өте қолайсыздық тудыратын.

Сирек жер элементтерін зерттеуші австрия ғалымы Ауэр XIX ғасырдың екінші жартысында газ шілтелеріне (горелкаларына) кигізетін қалпақшалар ойлап шығар-

ды. Бұл қалпақша монацит минералының құрамындағы сирек жер элементтерінің баяу балқитын тотықтарынан жасалған тор болатын. Тордың жіңішке сымдары газ жалынында аппақ боп әбден қызып, жарқырай сәуле шашады. Соның арқасында газ шілтелері бір қалыпты, әдеттегісінен мол сәуле шашады. Пайдаланушылар мұны «газбен қыздырылған» жарық деп атаған. Ауэр қалпақшалары газ шілтелерінің жарығын 20 есе күшейтті және газбен жарық беруді 3 есе арзандатты. Осыған орай Ауэрдің газды шілтелері өндіріс орындарын, көшелерді, ойын-сауық өтетін жерлерді, тұрғын үйлерді жарық етуге кеңінен қолданылды. Газ шілтелері күні бүгінге дейін адам игілігіне қызмет етуде. Ауэр қалпақшасын пайдалану арқылы электр энергиясы жоқ жағдайларда газ шілтелері пайдаланылады. Бұлар, әсіресе орман-тоғайлы, таулы, елсіз жерлердегі экспедицияларда кездеседі. Сирек жер элементтерін кеңінен пайдалану осылай басталды.

Ауэр ойлап тапқан тәсіл — оған дейін пайдаға аспай келген минерал монациттің «тағдырын» шешті. Ендігі жерде бұл минерал көптеп өндіріле бастады. 1894 жылы барлық елдерде 237 тонна монацит өндірілсе, 1909 жылы 7392 тонна өндірілді, яғни он бес жылдың ішінде монацит өнімі 30 есе өсті. Оның құрамындағы элементтердің қасиетін анықтау, оларды пайдалану жолдарын табу мәселелері күн тәртібіне қойылды.

Монацит — оңаша болу деген мағынаны білдіретін грек сөзі. Бастапқыда бұл минерал өте сирек және басқа минералдардан оқшау кездеседі деген ұғым орын алған да, осыған орай монацит деп аталған. Ол Индиядан, Цейлоннан, біздің елімізден табылды. Мұқият талдау, зерттеулер нәтижесінде газ шілтелері қалпақшасының торына монацит құрамындағы элементтердің ішінде тек церий ғана қажет екені анықталды. Ендігі жерде церийден басқа да бір ұядағы элементтерді пайдалану — ғылым алдындағы міндеттердің бірі болды. Алайда бұл элементтерді таза түрінде өндіру және техникада пайдалану тәсілдері 1950 жылдардан бері ғана дами бастады. Сирек жер элементтерін өте тиімді пайдаланып жүрген салалардың бірі — қара және түсті металлургия. Аз мөлшерде қосылған сирек жер элементтері болаттың сапасын, әсіресе болаттың тотығуға қарсы тұрақтылығын және оның қыздырғанда беріктігін сақтау қабілеттілігін арттырады. Болат құрамына сирек жер элементтерін қо-

судың бір тиімділігі — олар болаттың жоғарыда айтылған қасиеттерін жетілдіре түсумен қатар, оның созылғыш, қақталғыш және басқа технологиялық қасиеттеріне, мысалы, пісіруге теріс әсер етпейді.

Сирек жер элементтері түсті металл өндіруде де тиімді пайдаланылуда. Таза марганец, хром, молибден, ванадий және тантал өндіруде олардың тотықтарын сирек жер элементтері арқылы ажырату тәжірибелері тиімді нәтиже көрсетті.

Құрамында 80 процент никель, 20 процент хром бар қорытпаға аздаған сирек жер элементтері қосылса, онда бұл қорытпа 600-1100 градус ыстықта да беріктігін ұзақ сақтайды. Әдетте бұл материал 1066 градус ыстықта 75-125 сағат жұмыс істесе, құрамына аз мөлшерде лантанидтер қосқан жағдайда оның жұмыс істеу мерзімін 800—1200 сағатқа дейін жеткізуге болады. Контакты пісіру машиналарында пайдаланылатын электр тогын жеңіл өткізетін мыс қорытпаларының құрамына 0,2—0,3 процент церий қосса, олардың беріктігі мен қаттылығы артып, жұмыс істеу мерзімі ұзарады.

Қазіргі техникада, жоғарыда тоқтағанымыздай, негізгі металдың бірі титан. Әдеттегі жағдайда тотығу мен коррозияға қарсы өте тұрақты титан жоғары температурада тез тотығады. Тотыққан титанның созымдылығы күрт төмендейді, опырылғыш келеді, жоғары сапалы бұйым өндіруге жарамай қалады. Титаннан жасалған машина бөлшектері пайдаланылған кезде жоғары температураға дейін қыздырылуы мүмкін. Ал титанды қысыммен өңдеу технологиясында оның деформацияға ықтималдығын өсіру үшін 1000 градусқа дейін қыздырады. Осындай өңдеу процесі кезінде титанның тотығуы оның механикалық қасиетін төмендетеді, орынсыз ысырапқа жол береді. Егер титанға аз мөлшерде лантан қосылса, онда оның 1100 градусқа дейін қыздырылғанда да тотығуға қарсы тұрақтылығы артады.

Шойын құйманың сапасын жетілдіре түсу үшін оның құрамына магний немесе церий қосылады. Алайда осы мақсатта церийді пайдалану өте тиімді. Магний жоғары температурада тез тотығады, жанады. Балқытылған шойынға қосылған магний лапылдап жана бастайды. Осыған орай шойын құрамына қосылған магнийдің 10 проценті ғана пайдаға асып, қалған 90 проценті жанып, босқа ысырап болады. Ол жанып қоймай, жалын шарпуымен балқыған шойынды шайқап, кейде қалыптан

асырып та жібереді. Мұның өзі техника қауіпсіздігін мұқият сақтауды талап етеді. Ал шойын құрамына церий қосылса жоғарыда айтылған қолайсыз жағдай орын алмайды. Церий шойынның беріктігін 1,5-2 есе арттырады, әрі жақсарта түседі.

Церий қосылған сапалы шойынның қасиеті легирленген болаттар сапасына жақын және болаттан 20-25 процент арзан. Сондықтан мұндай шойын болаттардың орнына жүреді. Совет Одағында ертеректе болаттан жасалатын көптеген машина бөлшектері, мысалы, «Волга», «Чайка» жеңіл машиналарының және СМД-17 маркалы трактор дизелінің иінді біліктері қазіргі уақытта церийлі шойыннан құйылады.

Әр түрлі металл қорытпаларының сапасын арттыруға церийден басқа да сирек жер элементтері пайдаланылады.

Тотықпайтын, кескіш, қыздыруға төзімді болаттар құрамына лантан қосылады. Лантан алюминий қорытпаларын өндіруде де пайдаланылады. Оның екі процентгей ғана қоспасы хромның ыстыққа төзімділігін арттырады. Жездің құрамына аздаған мөлшерде сирек жер элементтерін қосса, оны прокаттау және басқа да қысым тәсілімен өңдеу технологиясы жеңілдейді.

Сирек жер элементтерінің химиялық қасиеттері өзара ұқсас болғандықтан бұлардың қосындыларын жіктеу өте қиын. Сондықтан өндірісте бұл бір ұядағы элементтердің *мишметалл* деп аталатын бірнеше қоспасы өндіріледі. Қазіргі металлургия мен техникада пайдаланылатын мишметалдың құрамында 94—99 процент сирек жер элементтері бар. Қалған құрамын алюминий, кальций, мыс, марганец, кремний, никель, қорғасын, темір, көміртек құрайды. Техникада жұмсалатын «таза» церийдің құрамында церий 95-99,5 процент, басқасы цериймен бір ұядағы элементтер қоспасы. Церийдің темірмен қоспасы ферроцерийдің құрамында 25 процент мөлшерінде темір бар. Ферроцерий көбінесе болат пен шойынның сапасын арттыруға жұмсалады.

Сирек жер элементтерін пайдалану тек металл қорытпаларын өндіруде ғана емес, өндірістің басқа да салаларында өте тиімді. Лантанидтер әр түрлі шыны, керамика, абразивтік заттар өндіруде теңдесі жоқ материалдар болып табылады. Бұл бір ұядағы элементтердің тотықтар қосындысы да пайдалы материалдар. Шыны құрамына бір процент церий қосылса, онда шыны сары түсті, ал сәл

артық қосылса, қызыл қоңыр түсті болып шығады. Церий тотығының шынының әр түсті етіп өзгертуімен қатар оның мөлдірлігіне де әсері бар. Неодимнің тотығы шынының ашық қызыл түсті, празеодим тотығы — жасыл түсті, ал неодим мен празеодим тотықтарының қосындысы көгілдір етіп шығарады. Лантанидтер қосылған шынылардың техникалық мақсаттар үшін маңызы зор. Құрамында 2-4 процент церий тотығы бар шынылар ультра күлгін сәулелерді толық өткізбейді. Празеодим мен неодим қосылған шынылар пісіру, шыны жасау, жоғары температуралы жалынды пайдаланатын, басқа да технологиялық процестерде қолданылатын көзілдіріктер жасауға жұмсалады. Церий қосылған шынылар радиацияның әсерінен мөлдірлігін білдірмейді. Сондықтан бұл шынылар реакторлар сәулесінен сақтану техникасында таптырмайтын материал. Осыған орай лантанидтер қосылған шынылардың техникалық маңызы зор екені күмәнсіз.

Лантан тотықтары керамикалық глазурьлар, оптикалық шынылар, табиғи және жасанды жібектердің салмағын ауырлату үшін қолданылатын реагенттердің құрамына кіреді.

Неодимнің тотығы жақсы диэлектрик, осыған сәйкес ол электр аппараттарын жасауға қолданылады. Прометий соңғы 20-25 жыл аралығында электротехникада, аспаптар жасауда, сағат өндірісінде пайдаланылып жүр.

Жаңа техниканың бұрынғы техникадан тиімді болуы көп жағдайда сапалы, мықты материалдарды пайдалануға байланысты. Бір ұядағы лантанидтер тобына кіретін тулийге рентген техникасының мамандары назар аударуда. Тулийдің бір ерекшелігі, ол ядролық сәуленің әсерімен өзі гамма сәулесін шашатын қасиетке ие болады. Тулийдің бұл изотопы тулий-170 ықшамды рентген аппараттарын жасауға пайдаланылады. Рентген сәулесі медицинада, өндірісте, әсіресе металл физикасында пайдаланылады. Сирек жер элементтері химиялық қасиеті жағынан оттегі мен азотқа өте жақын.

Иттербий шала өткізгіш аспаптар жасау үшін өте құнды материал. Ал шала өткізгіштер күрделі жүйелерде басқару тетіктерін құрастыру үшін қажет. Қазір халық шаруашылығының барлық салаларында автоматты басқару жүйелері, роботтар, компьютерлер қолданылуда. Сондықтан шала өткізгіштер жасалатын материалдар-

дың орны ерекше. Бұлардың қатарына иттербий де жатады.

Иттрийді ракеталар мен снарядтардың аса қажетті бөлшектерін жасауға қолдану игерілуде. Иттрийдің салмағы темірден жеңіл. Бұл элемент алюминий қорытпаларының беріктігін күшейтеді. Сондықтан алюминий-иттрий қорытпаларының авиация өнеркәсібінде маңызы зор. Қазіргі кезеңде иттрий аз өндірілетіндіктен, оны пайдалану мүмкіндігі шектеулі болып отыр.

Эрбийдің магниттік, оптикалық қасиеттері бұл элементтің аспаптар жасауға, электроникада пайдаланылуына мүмкіндік береді.

Сирек жер элементтерін конструкциялық материал ретінде пайдалану үшін оларды әр түрлі технологиялық тәсілдермен өндіруді игеру қажет. Лантанидтердің технологиялық қасиеттерін зерттеуге қазір ерекше назар аударылуда. Бұл бағытта алынған жақсы нәтижелер де бар. Мысалы, атом өнеркәсібі қажеттігі үшін қалыңдығы 0,002 миллиметр гадолиний фольгасын өндіру технологиясы игерілді.

Сирек жер элементтерінің болашағы зор. Өйткені олар жер қойнауында мол таралған. Осы 15 элементтің қазір 200-ден астам изотопы белгілі болып отыр. Бұлардың 54-і Менделеев кестесіндегі элементтердің табиғи қоспаларында кездеседі. Ал қалғандары жасанды жағдайда өндіріледі. Бұлар радиоактивті қасиеттері бар изотоптар. Өндіріс салаларында технологиялық процесті жетілдіру, техникалық жаңа материалдар өндіру, физикалық, химиялық процестерді жеделдету, олардың нәтижесін, тиімділігін арттыру және басқа да күрделі мәселелерді шешуде радиоактивті материалдар пайдаланылып келеді. Бұған бірнеше мысалдар келтірейік. Радиоактивті элементтер өзінің қозғалыс бағыты, өткен жолы, жылжу жылдамдығы туралы мәліметті өздігінен «беріп тұрады». Тек олардың шашыратылған сәулесін (көзге көрінбейтін) көре білу, сәуле қуатын өлшей білу керек. Ондай радиоактивті есептеуші аспаптар қазіргі техникада жеткілікті. Осындай есептеуші аспаптар арқылы элементтің белгілі ортада, нақтылы сыртқы жағдайларда диффузиялық қабілетін, диффузия процесінің өтуін, ерекшеліктерін анықтауға болады. Диффузиялық құбылыстар металдың үстіңгі қабатына арнайы қасиет беретін, мысалы, қаттылығын, беріктігін арттыратын технологиялық процестің негізі. Атап айтқанда, бұл салаға метал-

дарды цементациялау, азоттау сияқты тәсілдер жатады. Қорытпалардың ішкі құрылымы сыртқы жағдайларға байланысты (температура, қысым, агрессивті орта) өзгеріп отырады. Сондықтан машина бөлшектерінің әр түрлі жағдайға орай ішкі құрылымының өзгеруін зерттеудің маңызы зор. Бұл салада да тиімді тәсілдердің бірі — радиоактивті изотопты пайдалану.

Металдан құйылған немесе пісірілген әр түрлі детальдар мен бұйымдардың сырт көрінісі, мөлшері белгіленген шарттарға сәйкес болғанымен, олардың сапасы әр түрлі болады. Кейде бұлардың ішкі құрылымында сырт көзге байқалмайтын ақаулықтары да болуы ықтимал. Мұндай «жасырын» ақауларды табу үшін ультра дыбысты, магнит өрісін, рентген сәулесін пайдаланады. Осы мақсатта радиоактивті изотоптарды, яғни «таңбалы» атомдарды қолдану, жоғарыда айтылған тәсілдердің бәрінен де тиімді нәтиже береді. Сондай-ақ қалыңдықты, тығыздықты, сұйық зат пен сусымалы денелердің шегін өлшейтін аспаптардың құрамында да радиоактивті изотоптар бар.

Радиоактивті изотоптар пайдаланылатын салалар өте көп. Ондаған ғылыми-зерттеу мекемелері мен металлургия заводтарында радиоактивті изотоппен жұмыс істейтін аспаптар арқылы зерттеу жұмыстары жүргізілуде. Бұл заводтарда технологиялық процесті басқару жұмыстарында радиоактивті изотоптардың қай жағынан болса да тиімді екені дәлелденуде. Оны мына төмендегі мысалдардан айқын аңғаруға болады.

Таганрогтың «Красный котельщик» заводында металдың пісірілген жігінің сапасын тексеруге радиоактивті изотоптар қолданылады. Ленинградта «Русский дизель» заводында тоғыз түрлі детальдың ақауын радиоактивті изотоптар көмегімен дер кезінде анықтап, ақаулы детальдарды келесі кезектегі операцияға жібермеу жүзеге асырылуда. Магнитогорск металлургия комбинаты мен Ленинградтың «Красный Выборжец» заводында қаңылтырдың қалыңдығын анықтайтын радиоактивті изотоп аспаптар қолданылады. Осы мақсатта басқа изотоптармен бірге радиоактивті церий — Ce^{144} қолданылады.

Соңғы жылдары радиоактивті изотоптар тамақ өнеркәсібінде де кеңінен пайдаланылуда. Тағам сақталатын қаңылтыр ыдыстардың ішкі жағынан әдетте қалайы жалатады. Бұрынғы тәсіл бойынша қалайының қалыңдығы оны қышқылда еріту арқылы салмағына сәйкес орта ша-

мамен анықталатын. Бұл тәсіл көп уақыт алатын және дәлдігі де төмен еді. Қазіргі кезде қалайының қалыңдығын қаңылтырдың екі жағынан да радиоактивті изотоптар арқылы анықтайтын аспаптар өндіріске енгізіліп отыр. Осының нәтижесінде дәнекерлеуге кететін уақыт бұрынғыға қарағанда бес-алты есе қысқарды және қалайының орынсыз ысырап болуы едәуір кеміді. Магнитогорск металлургия комбинаты тек қана қалайы шығынын кеміту арқылы жылына 600 мың сом пайда түсіріп отыр.

Елімізде халық шаруашылығында пайдалануға сирек жер элементтерінің отызға жуық изотопы өндіріледі. Бұлардың ішінде оннан астам изотоптан техникада пайдаланылатын әр түрлі аспаптар жасалады. Сирек жер элементтерінің жаңа техника талаптарына сай келетін қасиеттері мол. Олардың қасиеттерін зерттеу, таза металдарды өндіру қарқынды дамуда. Сирек жер элементтерін өндіру техникасының дамуына сәйкес олардың бағасы да төмендеуде. Бірақ бұл металдардың бағасы өте қымбат. Мысалы, иттербий, диспрозий, эрбий, лютеций, европий, гольмий, тулий, тербий тотықтары алтыннан қымбат. Бұлардың бағасы қымбат болса да пайдалы қасиеттеріне, техникада қолданылуына байланысты барлық елде өндіріледі.

ЖАҢА БАҒЫТТАҒЫ ІЗДЕНІСТЕР

Металлургияда темір мен болаттың алатын орны ерекше. Дегенмен де техникада сапалық артықшылығы бар жаңа материалдар игеріліп пайдаланылуда. Олар әрі берік, әрі созымтал, әрі коррозияға қарсы тұрақты, электр тогын жеңіл өткізетін жартылай өткізгіш материалдар. Қазір ғалымдар, инженерлер болашақ техника талабына сай материалдарды іздестіруде. Ондай материалдар көп жағдайларда полимер, керамика, шыны, тағы басқа металл емес элементтер арасынан табылуда.

Металтану мамандарының алдында тұрған бір мақсат — мөлдір металл қорытпасын өндіру. Мұндай қорытпалардың шыныға тән мөлдірлігі мен металға тән тамаша қасиеттері техникадағы кейбір қиындықтарды, күрделі проблемаларды шешуге көмектескен болар еді. Металл кристалдық, яғни құрылысы дұрыс түзілген дене. Қазір металдарды кристалды емес, аморфты етіп қа-

лыптастыруға болады. Аморфты қалыптасқан металдың коррозияға қарсы тұрақтылығы өте жоғары. Қазіргі металтану ғылымы металдың өте жұқа қабатын ғана аморфты етіп қалыптастыра алады. Балқыған металл өте тез суыған кезде аморфты қалыптасу пайда болады. Өте тез суу процесі балқыған металл атомдарының өзара әдеттегі заңдылықпен орналасып, кристалл торын құруына мүмкіндік бермейді. Кристалл торы ретімен орналасып үлгермеген атомдар ретсіз, кездейсоқ орналасып, балқыған металл қатаяды, яғни оның ішкі құрылымы аморфты болып шығады.

Металл қорытпасынан жасалған машина бөлшегін, конструкция элементін, түтікшені лазер сәулесімен қыздырады. Лазер сәулесінің температурасы жоғары және қуаты мол болғандықтан температура қыздырылған металдың ішкі қабатына, барлық көлеміне тарап үлгермейді.

Металдарды техникада пайдалану металл қорытпаларының беріктігін арттыру жолындағы екі түрлі бағытта жүргізілуде.

Бірінші бағыт құрылымында ешқандай ақауы жоқ кіршіксіз кристалл өсіру. Егер кристалл торында барлық атом өзіне тән орнын алса, ешқандай ақау болмаса, яғни кристалл дұрыс қалыптасса, онда атомдар аралығында біркелкі заңдылықпен қалыптасады. Мұндай кристалл торында идеалды орналасқан атомдарды белгілі бағытта қозғалтып, кристалл торының формасын өзгерту үшін, яғни металды пластикалық деформациялау үшін атом аралығындағы байланыс күшінен артық сыртқы күш әсері керек. Демек, құрылымы идеалды кристалл торы формасында қалыптасқан металл өте берік болмақ. Идеалды кристалл өсіру үшін идеалды кристалдану жағдайын туғызу керек. Әдеттегі көлемді құймалар үшін идеалды кристалдану жағдайын тудыру мүмкін емес. Сондықтан идеалды кристалды өндіру шағын көлемді балқыған металды идеалды жағдайда кристалдану тәсілдерін іздеуден басталды. Бұл саладағы зерттеулер нәтижесінде кристалл торында ақаулары өте аз жіңішке металл талшықтары өсірілді. Осындай металл талшықтар *мұртшалар* деп аталады. Олардың беріктігі әдеттегі құйма, прокат кесектерінен жүздеген есе артық. Нәтижелер зерттеулердің дұрыс екенін көрсетті. Нақтылы бір техникалық мақсаттар үшін қолдануға аса берік бұл металл талшықтары тиімді әрі таптырмайтын мате-

риал. Бірақ талшық металл қаншама берік болғанымен техникалық металдар өндіру технологиясын талшық металл өндіру негізіне аудару тиімсіз, оның үстіне мұны жасау мүмкін де емес. Шынында да ірі конструкцияларды, бөлшектерді, формасы әр түрлі бұйымдарды талшықтардан құрастыру ауыр әрі өнімсіз жұмыс болар еді. Алайда аса берік металл талшығын өндіру қажет. Кіршіксіз кристалл торын қалыптастыру арқылы аса берік металл қорытпаларын іздеу бағытында зерттеулер жүргізілуде.

Металл қорытпасының беріктігін арттырудың екінші бағытына тоқталайық. Әдетте, табиғи жағдайда қалыптасқан кристалдар ақаусыз болмайды. Кристалл торында кейбір атом орны бос қалады. Мұндай бос атом орындарын вакансия дейді. Кейде белгілі металға тән кристалл торында өз атомы орнына басқа текті атом орналасады. Бұл атом аралығының мөлшерін өзгертеді. Кейде бөгде атомдар кристалл торында атомдар аралығында қалып қояды. Осылайша кристалдың кіршіксіз қалыптасу заңдылығынан тыс кристалл торында орналасқан атомдар жүйесі дислокация деп аталады. Кристалл торында тұрақты, заңды орын алмаған дислокациялардың орналасуы да тиянақсыз. Олар әр түрлі сыртқы күш әсерінен тез, жеңіл қозғалады. Атомдардың орын ауыстырып қозғалуы металдың форма өзгертуіне әсер етеді. Металдың деформациялану қабілеті дислокацияның қозғалғыштық қабілетіне тікелей тәуелді. Бұл құбылыстың екінші жағы бар. Егер дислокациялардың жеңіл орын ауыстыруына тежеуіш, кедергі болса, яғни дислокациялар тұрған орнынан қозғалмайтын болса, онда металдың деформацияға қарсыласуы немесе металдың беріктігі өсер еді. Осы тұжырымға сәйкес металл қорытпаларында дислокацияның пайда болуы, жылжу заңдылығын зерттеу металл қорытпасын өсірудегі іздену бағыты болды. Металл қорытпаларын жетілдірудің екінші бағытының ғылыми негізі қысқаша осылай.

Таяудағы жылдарда металдар технологиясы жетілдіріле түсетіні даусыз. Олай дейтініміз металл өндірудің жаңа технологиясының негіздері қазір жобаланып, алғашқы байқау, сынаудан өткізілуде. Қазіргі болат өндіру технологиясының схемасы былай: темір кенінен алдымен шойын өндіріледі де, содан кейін шойыннан болат өндіріледі. Қазіргі шойын өнімінің басым көпшілігі болат өндіру үшін шикізат болып табылады Ал болашақ болат

өндіру технологиясында ортааралық процесс — шойын өндіру болмайды. Кеннен темір тікелей тотықсыздандырылып, темірден болат өндірілетін болады. Бұл қазіргі қалыптасқан технологиямен салыстырғанда үлкен жетістік болмақ. Бұдан әлбетте, шойын өндіру азайтылады деген түсінік тумауы керек. Шойыннан машина бөлшектері, бұйымдар құйылады. Шойынды конструкциялық материалдар ретінде пайдалану одан әрі өріс алады. Оның сапасы жетілдіріле береді. Қазіргі қолданылып жүрген болат өндіру технологиясында алдымен балқытылған болаттан ірі мөлшерлі құймалар құйылады.

Болатты керекті химиялық құрамды етіп балқытып құю өз алдына бір күрделі технологиялық процесс. Болат құйма одан кейін прокат арқылы табақша, тілме, жұмыр, квадрат, тағы басқа профильге келтіріледі. Бұл өнім одан әрі арнаулы жабдықтармен өңделіп, олардан әр түрлі машина бөлшектері, конструкциялар, бұйымдар жасалады. Ал болашақтағы болат технологиясында құю мен прокаттау немесе басқа түрлі жартылай фабрикат дайындау арасында үзіліс болмайды. Құйылған болат тікелей прокаттауға, сым тартуға түседі.

Болашақта таза, түсті металдардың үлесі зор болмақ. Таза, түсті металдар, әсіресе балқытылған кезде ауадағы газды сіңіріп алады. Ауадағы оттек сұйық металды тотықтырып, оның сапасын төмендетеді. Сондықтан балқыған металды ауадан қорғау тәсілдері жетілдірілуде. Олардың ішінде инженерлердің назарын балқыған металды инертті газдармен, әсіресе аргонмен қорғау тәсілдері аударуда. Осы саладағы зерттеу және технологиялық жұмыстар балқыған металды ауадан аргонмен қорғау өте нәтижелі екенін көрсетуде.

Қазір металл бай кендерден өндіріледі. Егер кен кедей болса, ол алдын ала байытылады. Кенді байыту процесіне көп уақыт керек. Болашақта металлургия саласында кеннен металл өндірудің қазіргіден басқаша жаңа тәсілдері игерілмек. Сол тәсілдердің бірі бактериялық металлургия, яғни металды бактериялар арқылы өндіру. Мыс минералы мыстың күкіртпен қосындысы түрінде кездеседі. Кейбір бактериялар күкіртті өзіне сіңіреді. Егер осындай бактерияларға күкіртті мыс кез болса, онда олар күкіртті өз бойларына сіңіріп, таза мыс бөлінеді екен. Мұндай зерттеулер де, тәжірибелер де бар. Бактериялық металлургияны мыстан басқа металдар өндіруде пайдалануға болады. Кен байытқан кезде ең соңында

бос жыныстар қалады. Бұларды «құйрық» деп атайды. Оларды кен байыту маңындағы алапқа үйе береді. Қазіргі кен байыту фабрикаларының маңайында байытылған кеннен қалған қалдықтар өте көп, жүздеген миллион тонна. Бұлардың ішінде қазіргі технологиямен өндіру өте тиімсіз немесе тіпті мүмкін емес шашыраңқы элементтер бар. Болашақта бактериялық металлургия тәсілімен осындай үймелерден пайдалы шашыраңқы элементтерді бөліп алуға мүмкіндік тууы ықтимал.

Қосмосты игерудің ғылым мен техниканың, халық шаруашылығының мүдделері үшін зор мәні бар. Салмақсыздық жағдайында көптеген эксперименттер жасалды. Қосмоста жылылықтың таралуы да айрықша, демек металды қыздыру, балқыту, құю процестері де өзгеше өтеді. Қосмоста металды балқыту үшін тигельдің қажеті жоқ. Балқыған металл шар формасында кеңістікте қалқып тұрады. Совет және американ космонавтарының 1975 жылғы бірлескен эксперименті балқыған мыстың 3 секунд ішінде диаметрі 10 см шар боп қалыптасатынын көрсетті. Тигельсіз балқытылған металл таза болады, ол Жердегідей тигель материалымен және ауадағы газдармен ластанбайды. Қосмоста балқыған металды электр және магнит өрісінің әсерімен белгілі формаға келтіріп қатайтуға болады. Бұл балқыған металды қажетті формада қалыптастырудың жаңа тәсілі. Жерде салмағы әр түрлі сұйық металдар біркелкі араласпайды. Олардың салмағына байланысты жіктелуін толық тежеу мүмкін емес. Ал қосмоста металдың салмағының әсері жоқ. Онда әр түрлі металдарды балқытып, құрамын біркелкі етіп араластыруға болады. Бұл жаңа құнды металл қорытпаларын алудың тамаша мүмкіндігі. Қосмоста балқыған металды газ қолдану арқылы да біркелкі етіп араластыруға болады. Газ металда біркелкі араласып, металл қатайғанда оның ішінде мөлшері бірдей шар формалы біркелкі қуыстар құрайды. Осылайша өндірілген салмағының 87 проценті газ, 13 проценті болат материал суда қалтқыша қалқиды. Мұндай материалдар кеме жасау, авиация, космос техникасында техникалық жаңа шешімдер жасауға себепкер болады.

Электрондық өнеркәсіпте шала өткізгіш материалдар өте таза болуы шарт. Бұлардың құрамындағы болымсыз қосындылар шоғырланбай, біркелкі таралып орналасқаны жөн. Осы талаптарға сәйкес келетін шала өткізгіш материалдарды космоста алу сәтті болды. Мамандардың

топшылауынша, космос лабораториясында 2000 жылы 300 тоннадан артық жоғары сапалы шала өткізгіш материалдар өндірілуі ықтимал. «Союз-Аполлон» программасына сәйкес 1975 жылы космоста материалдар технологиясына байланысты 10 ғылыми тақырып бойынша 26 эксперимент жүргізілген болатын. Қазіргі уақытта космоста металлургия және металл өңдеу бағытында зерттеу программасын іске асыру қол жеткен ақиқат. Сондықтан космос металлургиясы, оның өнімдері — жаңа материалдар және металл өңдеу технологиясы қиял емес, шындық.

Жерде де металл өңдеудің жаңа технологиясы іздестірілуде. Металға легирлеуші элемент қоспай қорытпа өндіруге болмас па екен? Атом физикасының жетістіктері ядролық құбылыстар нәтижесінде металл қорытпасын алуға болатынын көрсетуде. Металдың тиісті сапасын қамтамасыз ететін құрам мен микроқұрылымды металтану мамандары ЭВМ-мен есептейді. Әдеттегі қорытпалармен қатар композициялық материалдар деп аталатын жаңа материалдар да кеңінен қолданылуда. Металл емес материалдар талшықтармен ұстастырылған алюминий және титан қорытпалары өте берік. Бұлардың беріктігі ең сапалы болаттан артық. Мұндай материалдар таяудағы 30-40 жыл аралығында техникадағы қолданылатын негізгі материал болуы ықтимал деген болжам бар.

Мамандардың топшылауынша, 2000 жылы темір негізіндегі материалдардың беріктігін әр шаршы миллиметрі 900 кг күш әсеріне шыдайтын дәрежеге жеткізуге болады. Бұл қазіргі аса берік болаттардың көрсеткішінен 20 есе артық. Титан, бериллий монокристалл талшықтарының беріктігі бұдан да жоғары. Металдардың бір ерекшелігі — олардың атомдары өзара тығыз орналасады. Металдың ауыр болуы да осыған байланысты. Егер металл емес басқа элементтердің атомдарын металл атомдарындай етіп орналастыру тәсілі игерілсе, онда мұндай материалдардың беріктігі аса жоғары болар еді. Совет ғалымы А. В. Степанов осындай кейбір элементтердің атомдары өзара тығыз орналасқан жағдайда олардың мүмкін болатын беріктігін есептеп шығарды. Сонда көміртектің беріктігі әр шаршы миллиметрі 400 000 Н, азоттың беріктігі әр шаршы миллиметрі 2 800 000 Н күш әсеріне шыдайды екен. Әлбетте, бұл қазіргі тек теориялық мүмкіндік. Бірақ бұл теориялық

есептер болашақ техниканың мүмкіндігін көзге елестете алады. Дегенмен дәл қазіргі конструкциялық материалдан мыңдаған есе берік, өзінің сапалық қасиетін космостық аязда және 10 000 градустық ыстықта сақтай алатын материалдар әзірге қиял болып отыр. Болашақтың техникасы үшін дәстүрлі материалдардың құрылымын, қасиеттерін қажетті бағытта жетілдіре түсуге бағытталған зерттеулер, ізденістер өріс ала бермек.

Қазіргі металлургия ізденістерінде әлі техникада кең тарамаған, сондықтан көпшілікке таныс емес тамаша нәтижелер бар. Олардың ішінде аса көңіл бөлетін бір жаңалық, металл қорытпаларының қалыптасқан қалпын өз жадында сақтап, сыртқы әсерлермен өзгерген соң, өздігінен бастапқы қалпына қайта оралуы. Металдың бастапқы қалпына өздігінен келу қабілеттілігі оларды деформациялауда ертеден белгілі. Егер ұзындығы мен қалыңдығы шамалы темірді немесе басқа металды екі ұшынан тартып соза бастасаңыз ол ұзарады, формасы өзгереді. Егер шамалы созған соң металдың екі ұшын да күш әсерінен босатып өз еркіне қойсаңыз, ол өзінің бастапқы қалпына қайта келеді. Металдың бұл қасиетін *серпінділік деформация* деп атайды. Серпінділік деформацияның шегі бар. Егер металл осы шектен аса созылса, онда ол күш әсерінен босаған соң бастапқы қалпына толық келмейді. Күш әсерімен орын алған форма өзгеруі сақталып қалады. Металдың осылайша деформациялануын *пластикалық деформация* дейді.

Қазіргі металтану ғылымында никельдің титанмен қорытпасы белгілі. Бұл қорытпаның бастапқы қалыптасуын өзінің жадында ұстайтын қасиеті бар. Егер бұл қорытпадан жасалған бұйымды деформациялап (иіп, майыстырып) содан кейін белгілі бір өзіне тән температураға дейін қыздырсақ, бұйым өзінің бастапқы қалпына қайта келеді. Майыстырғаннан, игеннен ешқандай із қалмайды. Қосымша легирлеу арқылы бұл қорытпалардың бастапқы қалпына оралу температурасын әдеттегі температураға дейін төмендетуге болады деген болжау бар.

Келесі бір ірі жаңалық — ұнтақтарды пайдалану. Ғалымдардың айтуынша, келесі ғасырда металдық материалдар негізінен ұнтақ түрінде іске асады. Ұнтақ металлургиясының негізгі металл өндіру және өңдеу технологиясы болады. Ұнтақ металды пайдалану қазірдің өзінде жыл санап өріс алып келе жатыр. Сондықтан біз ұнтақтар жайлы толығырақ тоқталайық.

ҰНТАҚТАР ӨРІСІ

Техникада металл ұнтақтары да іске асады. Алайда кез келген ұнтақ іске аса бермейді. Мұнда ұнтақтың қасиеті — түйіршіктерінің (мөлшері) шамасы мен формасы белгілі талаптарға сай болуы шарт. Ұнтақтың қасиеті, сапасы ұнтақ металдың немесе металл қорытпасының тегіне және оны қалыптастыру технологиясына тәуелді. Қазіргі ұнтақ металлургия технологиясында ұнтақтарды белгілі талаптарға сәйкес өндіру игерілді. Әлбетте, бұл жетістікке оңайлықпен қол жеткен жоқ. Физика, химия, механика мамандарының күш жұмылдыра әрекет етуінің нәтижесінде ұнтақ металл өндірудің бірнеше тәсілдері зерттеліп, игерілді. Бұл тәсілдердің бірқатары өндірістік дәрежеге дейін жетілдіріліп, ұнтақ металлургия технологиясының негізін жасады. Бір қатар тәсілдер әлі де лабораториялық жағдайда зерттелуде.

Ертедегі металлургтардың кәсібін көзге елестетсек, қазіргі ұнтақ металлургиясы технологиясының негіздерін көреміз. Кеннен темір өндіру үшін темірді тотықтан, күкірттен, басқа да қосалқы элементтерден тазарту үшін оны балқу температурасынан асыра қыздыру керек еді. Бірақ ол кезде адамдар темірдің балқу температурасына (1 535°С) сәйкес қызу беретін пеш салуды әлі игермеген болатын. Табиғатта таза темір аспаннан түсетін метеоритте кездесетінін жоғарыда айтып кеттік. Өмір мұқтаждығын көктен қашан түсетіні, қайда түсетіні, қанша түсетіні белгісіз өнімге қаратып қою мүмкін емес қой. Демек, темірді жер қорынан өндіру керек болды. Сондықтан да кеннен темір өндіру технологиясы игерілді. Оған Ирактан табылған біздің дәуірімізге дейінгі 3 000-жылғы кесек темірлер куә.

Қазба материалдары көрсеткеніндей, алтын, мыс, қола ұнтақтары адам өмірінде көне дәуірде керамикалық бұйымдарды әшекейлеу үшін қолданылған. Қола дәуірінде әр түрлі ұнтақтарды қыздыру, қақтау, соғу арқылы біріктіріп, өңдеу тәсілдерін игерген, демек сол кездегі адамдар ұнтақ металдар өндіру тәсілін игерген деуге болады.

Дели қаласында аса таза темірден (тазалығы 99,72%), массасы 6 тонна, биіктігі 7,3 м, табанының диаметрі 41,6 см, ұшының диаметрі 29,5 см етіп жасалған колонна бар. Бұл колонна біздің дәуірімізге дейінгі 380—315 жылдары жасалған деп ұйғарылады. Бұл ко-

лонна құйма емес. Ол темірді бірте-бірте қыздырып, қақтау арқылы тазартып, тұтас етіп өндірілген. Себебі ол кезде темір кенін балқытып, одан таза темірді бөліп алу технологиясы әлі игерілмеген еді. Мұндай технология XIX ғасырдың басында игерілді. Қыздырып қақтау арқылы тұтас бұйым өндіру ұнтақ металлургия тәсілі болып табылады.

Кеннен темір өндірудің алғашқы тәсілінде адамдар кенді балқыта алмағанымен жоғары температураға дейін қыздырып қақтаған. Сан рет қайталап, қыздырып қақтау арқылы кендегі темір бірте-бірте қосалқы элементтерден тазартылған. Бұлай өндірілген темірдің сапасы балқытылып тазарған темір құймадан төмен болды. Мұндай темірдің ішкі құрылымы тығыз, тұтас емес, кеуек болып қалыптасады. Осыған орай бұл тәсіл кеуекті металл өндіру деп аталады. Металды балқытпай, қыздырып қақтау қазіргі ұнтақ металлургия технологиясына да тән. Алайда ұнтақтар металлургиясы жеке сала ретінде XX ғасырда ғана қалыптаса бастады.

XX ғасырдың басында электротехника қарқынды дамыды. Электр қуаты өндіріс салалары мен тұрмыста кең қолданыла бастады. Осыған орай электротехника талаптарына сай материалдар өндіру қажет болды. Жіңішке вольфрам, молибден сымдарын өндіру, магниттік және электр контакторларына қажет материалдарды ұнтақтардан қыздырып қақтау тәсілімен жасау технологиясы дами бастады. Сирек металдарды өндіруде де ұнтақ металлургия тәсілдерін қолдану жолға қойыла бастады. 1918 жылы Халық шаруашылығының Жоғарғы Советінің (ВСНХ) Горный Советінде вольфрам мен молибден өндіру мәселесі қаралды. Сонымен қатар Главхиминде сирек металдар жөнінде комиссия құрылды, бұл комиссия 1921 жылы «БЮРЭЛЬ»— сирек металдарды өндірісте пайдалану ғылыми-техникалық бюросы болып қайта құрылды. Осы саладағы ғылыми жұмыстар баяу балқитын металдар, қатты қорытпалар, сирек металдардың баяу балқитын қосындыларын ұнтақ металлургия тәсілдерімен өндірудің негізін қалады.

Тұңғыш рет ұнтақтар металлургиясына арналған Бүкілодақтық конференция 1949 жылы Москва қаласында өткізілді. Содан бері ұнтақтар металлургиясының ғылыми негіздерін зерттеу, теориялық негізін жетілдіру, техникада және өндірісте ұнтақ металдарды, металл қо-

рытпаларын, металл емес заттар ұнтағын пайдаланудың технологиясын дамытуға зор мән беріліп келеді.

Қазіргі уақытта Совет Одағында металды зерттейтін жүздеген ғылыми мекемелер мен арнаулы өндіріс орындары бар, олар ұнтақ металлургия технологиясының ғылыми негізде дамуына жемісті үлес қосуда. Бұлардың ішінде ең ірілері қара металлургия Орталық ғылыми-зерттеу институты (ЦНИИчермет), Бүкілодақтық электромеханика ғылыми-зерттеу институты (ВНИИЭМ), Бүкілодақтық қатты қорытпалар ғылыми-зерттеу институты (ВНИИТС), УССР Ғылым академиясы материалтану проблемалары институты (ИПМ), Мемлекеттік никелькобальт өнеркәсібінің ғылыми-зерттеу институты (Гипроникель).

Көне дәуірде бастау алған ұнтақ металдардан әр түрлі бұйымдар өндіру тәсілі қазір өзінің жаңа кезеңін бастан кешуде.

Қазіргі ұнтақ металлургиясына тән ерекшелік — өнімнің мол мөлшерде өндірілуі, еңбек өнімділігінің артуы, технологиялық операциялардың дәлдігі, процестердің механикаландырылуы және автоматтандырылуы. Көне дәуір металлургиясы мұндай сатыға көтеріле алмаған, олардың технологиялық тәсілдері бізге әлі де толық мәлім емес.

Дүние жүзінде 1980 жылы 1,5—2,0 млн. тонна шамасында ұнтақ металдар өндірілді. Ұнтақ металдарды өндірістік мөлшерде өндіру технологиясы жетілдіріле түсуде. Ұнтақ өндіру тәсілдері физико-химиялық тәсілдер, сондай-ақ механикалық тәсілдер болып екі топқа бөлінеді. Физикалық және химиялық тәсілдерге металдарды тотықсыздандырып, оттектен, басқа да элементтер қосындысынан ажырату, электролиздеу, карбонилдерді термиялық диссоциалау тәсілдері жатады. Ал, механикалық тәсілдерге балқытылған металды тозаңдатып кристалдандыру, үгіп ұнтақтау тәсілдері жатады. Тотықтарды оттектен ажыратып тотықсыздандыратын элементтер бірнешеу. Бұл мақсатта газдар (сутек, көміртек, кокс газы, домна газы т. б.), қатты денелер (күйе, көмір, кокс), қосындылар (мысалы, кальций гидриды) қолданылады.

Тотықсыздандыратын заттардың көп болуына орай ұнтақты тотықсыздандыру тәсілімен өндіру технологиясының да бірнеше түрі бар. Әдетте, өндірілетін металдардың тотықсыздану температурасы оның балқу темпе-

ратурасынан 1,5-2 есе, кейде 5-7 есе төмен болып келеді. Таза ұнтақ темірдің едәуір бөлігі барлық елдерде темір кенін, байытылған кенді, темір тотығын сутегімен немесе көмірмен тотықсыздандыру тәсілімен өндіріледі.

Қатты қорытпалар, ұнтақ вольфрам, молибден, олардың тотығы тотықсыздандыру тәсілімен өндіріледі. Бұл тәсіл кобальт, никель, мыс, тағы басқа элементтер ұнтағын өндіруде де кең тараған. Тотықсыздандыру реакциясы сутек немесе қатты көміртек (күйе, көмір, кокс) арқылы жүргізіледі.

Бүгінде электр энергиясы пайдаланылмайтын өндіріс саласы жоқ. Солардың бірі — ұнтақ металдарды электролитикалық тәсілмен өндіру. Бұл тәсілдің мәні былай. Тұрақты электр тогы жүйесінде екі электрод орнатылған. Бұлардың біреуі оң таңбалы (анод), екіншісі теріс таңбалы (катод). Электродтар аралығын ұштастыратын ток өткізгіш материал ретінде тиісті металл қосындысының, металл тұзының судағы ерітіндісі пайдаланылады. Мұндай ерітінді *электролит* деп аталады. Тұрақты электр тогының әсерімен электролиттегі оң немесе теріс зарядты иондар катодқа және анодқа қарай қозғалады. Металл ионы әдетте оң зарядты болатындықтан олар катодқа топталады. Электролиз процестің көрсеткіштеріне (электр тогының шамасы, электролиттің концентрациясы мен температурасы) байланысты катодтағы тұнба біртұтас, жұқа қабыршақ және борпылдақ, жұмсақ болып та қалыптасады. Бұлардың соңғы түрі дайын ұнтақ, ал біртұтас, жұқа қабыршақ болып қалыптасқан түрі оңай ұнтақталады.

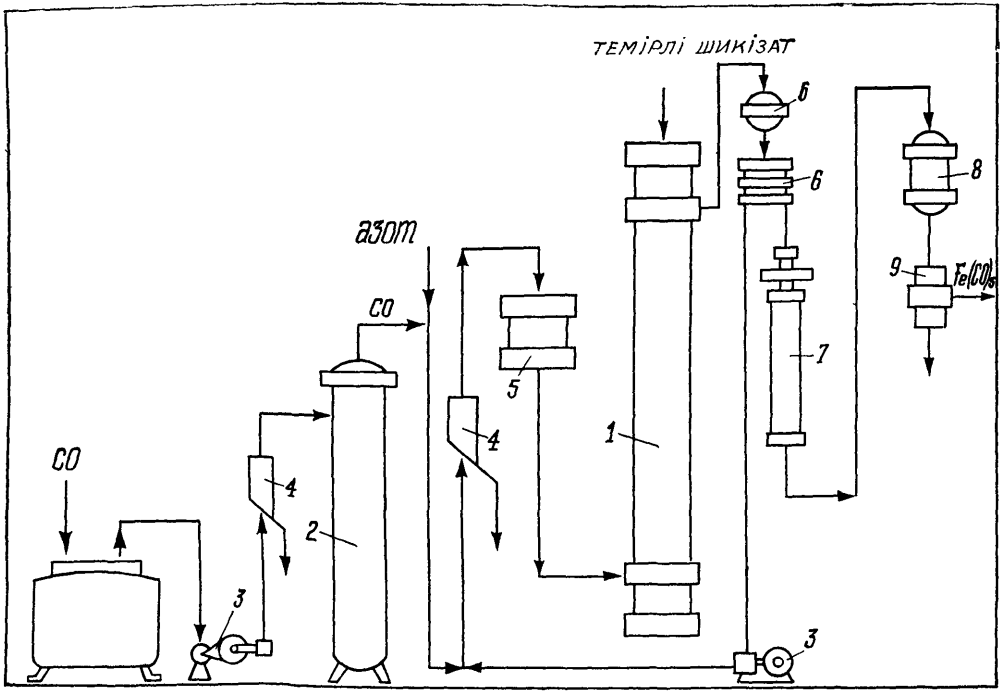
Біздің елде мыс, никель ұнтақтары олардың күкірт қышқыл ерітіндісінен, ал күмісті қышқыл азот ерітіндісінен электролиз тәсілімен өндіріледі. Электролиз жүргізілетін қондырғылар электролиздер деп аталады. Бұлардың құрылымы күрделі. Олар қышқылдар ерітіндісінің агрессивті әсеріне, сонымен қатар, жоғары температура әсеріне де төзімді болуы керек. Мысалы, тантал, титан өндіруде электролиздердегі температура 700—900 градусқа дейін көтеріледі. Электролизде қышқылдар ерітіндісінің тамшылап ағатындай саңылау болмауға тиіс.

Ұнтақ өндірудегі тағы бір жаңа физико-химиялық тәсіл жеңіл буланатын карбонилдерді ыдыратып, оның құрамынан металды бөліп алу.

Карбонил деп химиялық қосындылардың айрықша класын атайды. Мұнда металл таза көміртекпен емес,

оның оттекпен қосындысы — көміртек тотығы (CO) тобымен қосылады. Карбонилді ыдырату тәсілі — металды көміртек тотығы тобымен бөліп алу арқылы ұнтақ металл өндіру. Кобальт, никель, вольфрам, молибден карбонилдері жеңіл диссоцияланылып, олардан жоғарыда айтылған металдар мен көміртек тотығы бөлінеді. Металл өңдеуде пайда болған қалдықтан, тотықты кеннен, байытылған кеннен, концентраттардан көміртек тотығының әсерімен белгілі бір металдың карбонилі құралады. Бұл реакцияның жүруі үшін көміртек тотығының қысымы 200 атмосфера, ал температура 50—200°С аралығында болуы керек. Өндірілген карбонилді сұйық түріне айналдырып, оны сүзіп, әр түрлі бөгде қосындылардан тазартады. Содан кейін карбонилді диссоциялау арқылы оның құрамындағы металл мен көміртек тотығын бөледі. Диссоция 200—350 градуста өтеді. Осылайша тек таза металл емес, металл қорытпаларын да өндіруге болады. Бұл тәсілмен темірникель, темірмолибден, теміркобальт, темірникелькобальт, т. б. қорытпа ұнтақтар өндіріледі. Карбонил ұнтақтары қымбатқа түседі. Ол өте таза, сапалы болғандықтан оны радиотехникада, электротехникада пайдаланады. Темір пентокарбонилінен ұнтақ темір өндіру екі сатылы реакция негізінде өтеді. Бастапқы реакция темір жоңқалар мен темір колчеданы деп аталатын темір мен күкірттің химиялық қосындысы немесе осылардың қорытпасы пайдаланылып, темір мен көміртек арасында химиялық реакция өтетін жағдай (қысым, температура) жасалса, онда осы реакция нәтижесінде темір пентокарбонилі $Fe(CO)_5$ түзіледі. Келесі кезеңде осы химиялық қосындыны ыдырату нәтижесінде таза темір алынады. Сонымен бірге көміртек тотығы газ түрінде қалыптасады. Екінші реакция нәтижесінде пайда болған темір ұнтақ боп қалыптасады. Пентокарбонил +70 +80 градуста ыдырай бастайды. Бұл реакция температура 180 градустан жоғарылағанда ғана толық өтеді. Іс жүзінде пентокарбонилден темір ұнтақ өндіру 180-250°С-та жүргізіледі. Ұнтақтың мөлшері мен формасы реакция өтіп жатқан кездегі температура мен уақытқа байланысты. Реакция температурасы 250°С болғанда ұнтақ мөлшері диаметрі 1,1 микрон, 450°С болғанда 6 мкм болып қалыптасады, бұдан жоғары температурада ұнтақ талшықтана бастайды.

Екінші реакция кезінде пайда болған газ көміртек тотығы қайтадан реакцияға түседі. Карбонилді темір

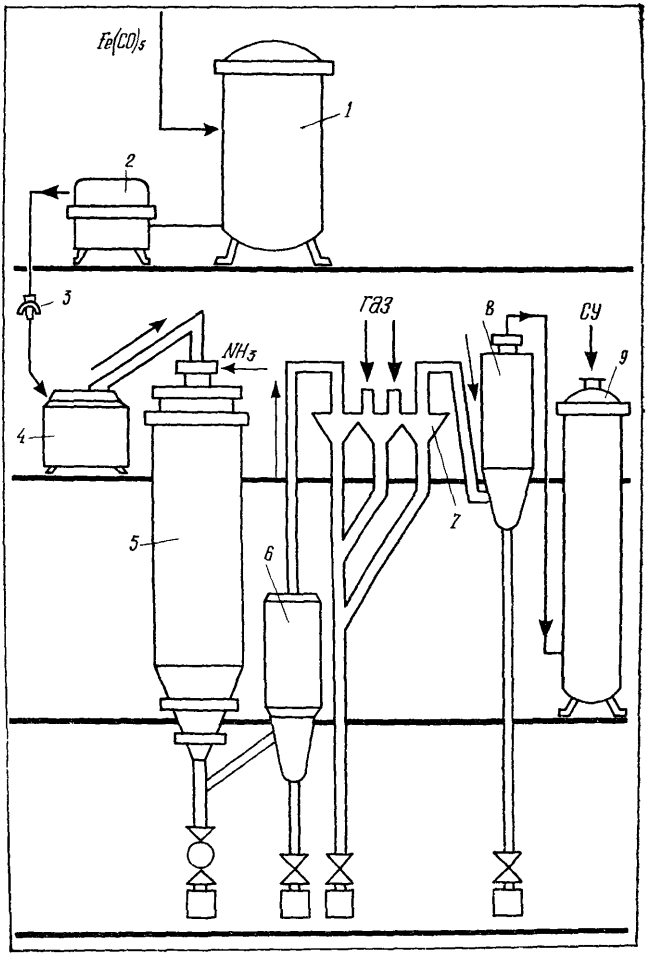


4-сурет. Пентокарбонил темірді синтездеу схемасы. 1-синтездеу колоннасы, 2-көміртек жинақтағыш, 3-насос, 4-тазартқыш, 5-жылу бергіш, 6-фильтр, 7-конденсатор, 8-сепаратор, 9-жинақтағыш.

ұнтағы көбінесе дұрыс сфера формасында қалыптасады. Бірақ ішінара ұнтақ түйіршіктері бір-бірімен бірігіп, формасы мен мөлшері әр қалай болып қалыптасатын да кездері болады. Бұлар ұнтақтың электромагниттік қасиетіне теріс әсер ететін болғандықтан темір ұнтақтары қосымша өңдеуден, яғни арнаулы диірменнен өткізіліп, ірі түйіршіктер ұнтақталады. Бұдан кейін ұнтақтар електен өткізіліп, формасы мен мөлшері біркелкі болып топтастырылады. Карбонилді ыдырату тәсілімен өндірілген ұнтақ темір төрт класқа бөлінеді: радиотехникалық темір, байланыс саласында қолданылатын ұнтақ, катализатор ретінде пайдалануға және металлургия өндірісінің мұддесіне жұмсалатын темір ұнтақтар. Бұл ұнтақтар әдетте өте ұсақ болады. Түйіршіктерінің мөлшері 0,5 микроннан 3,5 микрон аралығында болады. Карбонилді темір ұнтағы өте таза. Оның құрамында әдеттегі темірде кездесетін қосалқы элементтер — күкірт, фосфор, кремний, марганец, мыс, мышьяк, сурьма болмайды. Карбонил темірі таза болғандықтан оны қыздырып қақтағанда қосымша қысым қолданбай-ақ, тек қыздырып біріктіру арқылы бұйымдар өндіруге болады.

Пентокарбонилді темірді синтездеу схемасы 4-суретте келтірілген. Мөлшері 10-25 миллиметр аралығында ұнтақталған темірлі шикізат синтездеу колоннасына (1) салынады. Енді синтездеу колоннасына көміртек жинақтағыштан (2) шамасы 32,5 МПа қысыммен көміртек тотығы жіберіледі. Көміртек ағымын тиісті қысыммен насос (3) қамтамасыз етеді. Жинақтағыштан шыққан көміртек синтездеу колоннасына түспей тұрып тазартқышта (4) майдан тазартылады және жылу бергіште (5) 150-200 градусқа дейін қыздырылады. Пайда болған пентокарбонилді темір реакцияға түспеген газбен араласып фильтрден (6) өтеді. Мұнда өнім бөгде заттардан тазартылып тоңазытқыш — конденсаторға (7) түседі де, пентокарбонил сұйықтанады, көміртек тотығы суыйды да, газ түрінде болады. Сеператорда (8) сұйық пентокарбонилді темір газ-көміртек тотығынан бөлінеді. Көміртек тотығы арнаулы фильтрден өтіп газға айналмалы қозғалыс беретін насос (3) арқылы қажеттігіне сәйкес көміртек жинақтағышқа (2) жіберіледі. Ал пентокарбонилді темір сепаратордан (8) соң жинақтағышта (9) сарқылып, арнайы фильтр арқылы тазартылып өнім сыйымдылығына құйылады.

5-суретте карбонилді темір ұнтағын өндіру схемасы



5-сурет. Карбонилді темір ұнтағын өндіру схемасы. 1-жинақтаушы сыйымдылық, 2-фильтр, 3-мөлшерлеп құйғыш, 4-буландырғыш, 5-ыдыратушы аппарат, 6-фильтр, 7-ұштастырушы коллектор, 8-соңғы жеңді фильтр, 9-скруббер.

келтірілген. Мұнда пентокарбонилді темір қысыммен жинақтаушы сыйымдылықтан (1) фильтрде (2) тазартылып, қажетті мөлшерде ғана өткізетін мөлшерлеп құйғыш (3) арқылы буландырғыш (4) аппаратқа келеді.

Бұл аппаратта бу жылуымен қыздырылған түтікшелерде карбонил қызып буға айналады да, ыдыратушы (5) аппаратқа келеді. Бұл аппарат сыртынан түгелдей қыздырылған газ, кейде электр тогын өткізетін құрылғымен жабдықталған. Құрылғының сырты жылулық өткізбейтін изоляциямен қапталған. Сондықтан қыздырылған газ ағымының немесе электр тогының қуаты тек карбонилді ыдыратушы аппаратты қыздыруға кетеді.

Аппараттағы карбонил буы 300—350 градусқа дейін қыздырылады да, темір пентокарбонилі осы температурада ыдырайды. Химиялық қосындысының осылайша ыдырауынан пайда болған темір ұнтақ болып қалыптасады.

Меншікті салмағы көміртегі тотығынан ауыр болғандықтан ұнтақ темір аппараттың төменгі жағына шоғырланып түтікшелер арқылы төмен түседі. Ал көміртегі тотығы ыдыратушы аппараттан фильтрге (6) ауысады. Көміртегі тотығының ағымымен едәуір ұнтақ темір ілесе кетеді. Енді осы темір керісінше көміртегі тотығымен реакцияға түсіп, темір пентокарбонилі құралмауы үшін фильтрде қыздырылған газ ағымымен қыздырылады. Фильтр құрылымы тарамдалған түтікше болып келеді, әр түтікше «жең» деп, ал фильтр түгелдей жеңді фильтр деп аталады. Осы жеңдерде темір ұнтақтары газ ағымынан бөлініп төменге шоғырланады. Жеңді фильтрлер өзара ұштастырушы коллектор (7) арқылы жалғасады. Ең соңғы жеңді фильтрден (8) өткен көміртегі тотығы скруббер (9) деп аталатын аппаратта салқындатылып, одан әрі пентокарбонил синтезі өтетін қондырғыға жіберіледі.

Темір магниттік қасиеті бар материал. Темірдің тазалығы неғұрлым жоғары болса, оның магниттік қасиеті де соғұрлым күшті. Сондықтан карбонилді темірді магнит жасауға, вакуум техникасында, аса сезімтал аспаптарды және байланыс аспаптарын жасауда пайдаланады. Карбонил темірден магнитодиэлектрлі, магнитоэлектрлі өзекшелер жасалады, бұлар 150 градустық ыстықта да жұмыс істейді. Соңғы жылдары карбонил темір ұнтағынан муфталар жасалып жүр. Ол жылдам әсер ететін электрмеханикалық күшейткіштер ретінде механизмнің айналдыру моментін тежеуге, қозғалтқыштарды қосу, ажырату операциясын дистанциялық басқаруда пайдаланылуда. Ұнтақ темір карбонилі магнит өрісін және оның формасын анықтауға да қолданылады.

Карбонилді темірді өндіруге бастапқы шикізат ретінде кендерде кездесетін темір тотықтары (Fe_2O_3, Fe_3O_4) пайдаланылады. Бұл арзан шикізат. Бірақ бұл тотықтарды темірдің пентокарбониліне ($Fe(CO)_5$) айналдыру керек. Бұл арнаулы қондырғыда өндірілетін едәуір қымбат шикізат. Технологияның жалпы күрделілігіне орай ұнтақ темір карбонилі қымбатқа түседі. Оның технологиясында жоғары қысым қолданылады. Ал көміртек тотығы, пентокарбонил улы заттар. Сондықтан еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қосымша шаралар қолданылады. Алғашқы алынған карбонил ұнтағында көміртек, азот, оттек болады. Сондықтан ұнтақты жоғарыда айтылған газдардан тазарту шарт. Ол үшін ұнтақ сутек ортасында немесе вакуумда белгілі бір уақыт қыздырылады. Әлбетте, мұның бәрі өнімді қымбаттатады.

Карбонилден ұнтақ темір өндіру технологиясын жетілдіруге, өнімнің өзіндік құнын арзандатуға арналған зерттеулер үздіксіз жүргізілуде. Қазір карбонил темір ұнтағын өндіруді тотықсыздандыру және легирленген ұнтақ темір өндіру тәсілімен ұштастыра жүргізеді. Бұл әлбетте, ұнтақ сапасын оның қасиетін арттырып, соған орай оның пайдаланылу салаларын да кеңейте түседі. Балқыған металды тозаңдату тәсілімен сапалы, аса сапалы ұнтақтар өндіруде ауа мен су орнына азот, аргон газдары қолданылады.

Балқыған металды механикалық тәсілмен тозаңдату жолымен де ұнтақ өндіріледі. Бұл тәсілді қолданған кезде балқыған металл бірнеше тесігі бар тез айналатын қалыңдығы шамалы дөңгелек қалыпқа құйылады. Қалып тесіктерінің астыңғы жағына пышақ тәрізді қалақшалар орнатылады. Қалып өте тез (минутына 1000—10000 айналым) айналатын болғандықтан сұйық металл оның тесіктерінен ағып шығысымен пышақ тәрізді қалақшаларға соғылып әлі қатып үлгірмеген балқыған металл тозаңданады. Қондырғының конструкциялық шешіміне орай, өндірілген ұнтақтың формасы мен мөлшері де әр түрлі болады.

Ұнтақ темір электролиз тәсілімен де өндіріледі. Бұл тәсілмен өндірілген ұнтақ темірдің тазалығы 99,64 процент, ұнтақ түйіршіктерінің мөлшері 0,05 миллиметрден 0,200 миллиметр аралығында болып қалыптасады.

Болашағы зор жаңа тәсілдердің бірі — плазмохимия. Плазманың температурасы ондаған мың градус болғандықтан мұнда химиялық реакциялар жоғары жылдам-

дықпен және толық өтеді. Плазмохимия тәсілі өте таза ұнтақтар өндіруге мүмкіндік береді. Ұнтақ материалдар өндірудегі тағы да бір жаңа прогрессивті тәсілдердің бірі — өздігінен өрістейтін жоғары температуралы синтез. Бұл тәсілмен металдардың бормен, көміртекпен, кремниймен және азотпен қосындылары жартылай өндірістік мөлшерде ұнтақ етіп өндіріледі. Борид, карбид, силицид, нитрид деп аталатын бұл материалдар аса қатты және баяу балқиды.

Механикалық тәсілмен ұнтақталатын металл болат цилиндрге — жабық диірменге салынады. Сонымен қатар диірменге шыныққан болат немесе шойын шарлар (ұнтақтайтын денелер) бірге салынып, белгілі бір жылдамдықпен айналдырылады. Ұнтақтайтын денелердің энергиясы ұнтақталатын денелерді деформациялауға, үгітуге жұмсалады. Бұл аппараттардың әдетте пайдалы әсер коэффициенті төмен. Жұмсақ металдарды (мыс, таза темір) ұнтақтайтын материал қолданбай-ақ ұнтақталатын материалдардың өзін ауа ағымында тез араластыру тәсілімен ұнтақтауға болады.

Ұнтақ металлургиясының өріс алуының басты себептерінің бірі оның технологиялық операциялары көп жағдайда классикалық металлургия тәсілдерінен жеңіл болуында. Ал түпкі нәтижесі елеулі. Мысалы, баяу балқитын металдардан (балқу температурасы 2000°С жоғары) әр түрлі бұйымдарды классикалық металлургия тәсілдерінен гөрі ұнтақ металлургия тәсілдерімен өндіру әлдеқайда тиімді.

Балқу температурасы әр түрлі металл қорытпаларын ұнтақ металлургия тәсілімен өндіруге болады. Мысалы, вольфрам (балқу температурасы 3400°С) мен мыс (1083°С) қорытпалары осылайша өндіріледі. Жалған қорытпа (псевдосплав) деп аталатын бұл қорытпа техникада елеулі орын алады. Сондай-ақ осы тәсілмен металл мен металл емес элементтер қорытпаларын және бірнеше қатарлы етіп қалыптасқан әр түрлі элементтер қорытпаларын өндіруге де болады.

Ұнтақ металлургия технологиясы негізінен үш негізге сүйенеді. Олар металл ұнтағын өндіру, ұнтақты тиісті қалыпқа келтіру, қалыпқа келген ұнтақты қыздырып қақтау арқылы жымдастырып біріктіру.

Экономикалық тиімді, беріктігі жоғары, әр түрлі талаптарға сай материалдар өндіру және ұнтақпен қаптап қолдану — ұнтақ металлургиясының болашағы зор са-

ласы. Дәстүрлі тәсілдер — құю, қақтау, соғу, кесу, жону, өңдеу кезінде металды пайдалану коэффициенті әдетте 0,4-0,6 болса, ұнтақ металлургия тәсілі металл пайдалану коэффициентінің 0,95-1,0-ге дейін арттыруға мүмкіндік береді. Мұның өзі металдың ысырап болуын елеулі түрде азайтумен қатар, металл өңдейтін станоктар паркін ықшамдайды. Станоктарда істейтін жұмысшылар санын қысқартуға мүмкіндік туғызады. Ғалымдардың есептеуінше, жалпы машина жасау өнеркәсібінің әрбір мың тонна өнімін ұнтақ металлургия тәсілімен өндіру 2,5 мың тоннаға дейін металл, 1,5 млн. сом қаржы үнемдеуге мүмкіндік береді екен.

Ұнтақ металлургиясы машина жасау және металлургия өнеркәсібінің қалдықтарын кәдеге асыруға мол мүмкіндіктер жасап отыр. Себебі ұнтақ металлургиясында шикізат ретінде металл прокаттау кезінде пайда болатын мол мөлшерлі металл тотықтары, металл жоңқалары, руданы бұрғылауда пайда болатын ұсақ тау жынысы, т. б. қалдықтар пайдаланылады.

Ұнтақ металлургия процесі балқыту металлургиясы процесінен төмен температурада өтеді. Мұнда технологиялық температура металдың балқу температурасының 0,7-0,8 бөлігіндей болып келеді. Демек, энергияны да үнемдеу мүмкіндігі бар деген сөз. Ұнтақ металлургиясында тотықсыздандыру процесін жүргізуге сутек пайдаланылады. Атом энергиясын өндіруде арзан сутек жеткілікті мөлшерде өндірілетіндіктен ұнтақ металлургиясы экономикалық жағынан тиімді.

Ұнтақ металлургиясының тағы бір тиімді жағы бұл процесс кезінде ауаны ластайтын улы заттардың аз бөлінуі болып отыр.

Дүние жүзінде өндірілетін ұнтақтардың басым көпшілігі (90 процент шамасында) темір ұнтақтар. Бұлар құрамына қарай негізгі екі топқа бөлінеді:

1) құрамында көміртегінің мөлшері төмен және көміртекті ұнтақтар (темір ұнтақтар).

2) легирленген темір ұнтақтар (болат ұнтақтар).

Бірінші топқа кіретін темір ұнтақтардың құрамында 97,5 проценттен 98,84 процентке дейін темір, 0,03-0,15 проценті көміртек, басқасы қосалқы элементтер болып келеді. Сондықтан бұл ұнтақтарды таза ұнтақ темір деп атайды. Легирленген темір ұнтақтардың құрамындағы көміртек (мөлшері 0,2 процент), сондай-ақ никель, хром, марганец, кремний, т. б. легирлеуші элементтер де бола-

ды. Сондықтан мұндай ұнтақтарды темірдің ұнтағы дегеннен гөрі болаттың ұнтағы дегеніміз орынды болар. Бірнеше металл тотықтарын бірдей тотықсыздандыру арқылы олардың ұнтақтарын бір мезгілде және бір көлемде араластырып өндіруге болады. Бұл тәсіл қатар тотықсыздандыру тәсілі деп аталады.

Қатар тотықсыздандыру тәсілін қолданғанда бірнеше металл (мысалы, темір, никель, кобальт, молибден) тотықтары сутек арқылы тотықсыздандырылады. Бұл тәсілде белгілі пропорциялық мөлшерде металл тотықтары өзара мұқият араластырылады да тотықсыздандыру процесі жүргізіледі. Тотықсыздандыру процесі кезінде металл атомдары диффузия арқылы өзара араласады да, ұнтақ қорытпа қалыптасады.

Демек, темір, никель, молибден ұнтақ қорытпаларын өндірудің технологиясы игерілген. Қатар тотықсыздандыру тәсілімен Совет Одағында никель негізінде құрамында 60 процент никель, 20 процент темір, 20 процент молибден және 65 процент никель, 5 процент темір, 30 процент молибден бар қорытпалар, сондай-ақ кобальт-темір, темір-молибден ұнтақ қорытпалары өндіріледі.

Балқыған металды шашыратып ұнтақтау технологиясында су ағымы мен ауа ағымы қолданылады. Болат ұнтақтар өндіруде балқыған болат ағымын шашыратып одан түйіршік мөлшері 100 мкм (миллиметрдің оннан бір бөлігі) ұнтақ өндіру үшін су ағымы секундына 110 метр жылдамдықпен және 100 атмосфералық қысыммен ағуы керек. Осындай су ағымының әсерімен шашыраған болат тамшылары өте тез кристалданады, олардың суу жылдамдығы секундына 1000—100000 градусқа дейін барады. Осындай жылдамдықпен қатайтқан ұнтақтың құрамы мен құрылысы біркелкі болып келеді. Сумен шашыратып кристалдандыру тәсілімен тазалығы жоғары, құрамында 99,75-99,6 процент темір бар ұнтақ өндіріледі. Бұл таза темір ұнтағының құрамындағы көміртектің мөлшері 0,02-0,06 проценттен аспайды.

Балқытылған металды ауа ағымымен де тозаңдатып ұнтақ өндіруге болады. Мұнда тозаңдатушы ауа қысымы (0,2-0,4) МПа. Өндірілетін ұнтақтар мөлшері 0,03 ммден 0,200 мм-ге дейін.

Ұнтақ өндіру тәсілдерін қолданған кезде міндетті түрде орындалуы тиіс негізгі талаптардың бірі — ұнтақ құрамында оттектің болмауы. Сапасы орташа темір ұнтақтарды су немесе ауа ағымымен балқыған темірді то-

заңдату тәсілімен өндіруге болады. Сапасы жоғары темір ұнтақтарды, легирленген ұнтақтарды өндіруде тозаңдатушы орта тотықтырмайтын, яғни құрамында оттек жоқ орта болуы шарт. Сондықтан бұл технологияда аргон, азот қолданылады.

Ұнтақтарды белгілі бір мақсатта тиімді пайдалану үшін олар нақтылы талаптарға сай болуы қажет. Бұл талаптар әлбетте ұнтақтардан бұйым өндіру технологиясы мен ол бұйымдарды қолдану ережелерінен және шарттарынан туады. Ұнтақтардың сапасы, физикалық, химиялық қасиеттеріне арналған ГОСТ бар. Ұнтақтар өндірісте қолданылуы, өмірге қажетті бұйым дайындайтын затқа айналуы үшін олар ГОСТ талаптарына толық сәйкес болуы қажет. Енді ұнтақтарға қойылатын негізгі талаптарға тоқталайық.

Ең алдымен ұнтақ таза болуы керек. Оның құрамында бөгде элементтер мейлінше аз болуы шарт. Ұнтақ құрамының кемінде 98-99 проценті негізгі элемент, ал қалған 1-2 проценті ғана бастапқы шикізаттың қалдығы мен кірме элемент болуы ықтимал. Рас, бөгде элементтердің ішінде пайдалылары да бар. Ұнтақта жиі кездесетін қосалқы элементтер — газдар (оттек, азот, сутек т. б.). Газ атомдары ұнтақ түйіршіктерінің сыртына топтасуы заңды нәрсе, бұл заңдылық газдар адсорбциясы деп аталады. Ұнтақтың әрбір шаршы сантиметріне массасы $0{,}6 \cdot 10^{-6}$ г, яғни грамның миллионнан бір бөлегі, кейде грамның он миллионнан 6 бөлегіне тең ауа жинақталады. Әлбетте массасы мұндай ауа қабаты өте жұқа, оны көзбен көріп, қолмен өлшеу мүмкін емес. Бірақ ұнтақтарды технологиялық өңдеуде бұл газдарды ескермеуге болмайды. Сондықтан ең қолайлысы осы газдарды арылту, тіпті болмағанда анағұрлым азайту қажет. Газдар ұнтақ түйіршіктерінің арасында да болады. Бұлардың реакциясында тотықсыздандырғыш газдар және реакция нәтижесінде пайда болған газдар ұнтақ түйіршігінің сыртына шығып үлгермей ұнтақ ішінде ерітінді қалпында немесе көпіршік болып қалыптасады. Электролиз процесінде катодқа металмен бірге сутек те топталады. Сондықтан электролиттік ұнтақтар құрамында сутек болады. Қарбонилдік ұнтақтардың құрамында оттек пен көміртектің тотығы және ерітінділері болады. Тозаңдату тәсілімен өндірілген ұнтақтарда сұйық металл ағымымен ілесе кеткен газдар бар. Ұнтақ құрамында, әлбетте газдан басқа да бөгде қосындылар болуы мүмкін. Сондық-

тан ұнтақтар құрамы анализден өткізіледі. Анализ жасауға дәлдігі аса жоғары рентген микроанализатор аспаптар қолданылады. Анализ ұнтақ құрамы мемлекеттік стандарт (ГОСТ) талабына толық сәйкес екенін көрсеткен жағдайда ғана ұнтақтар әр түрлі мақсаттарда қажет бұйымдар өндіруге жолдама алады. Әйтсе де ол бұйым өндіретін заводқа келгенде қосымша өңдеуден өтеді. Бұл өңдеудің негізгі мақсаты — ұнтақтың физикалық және механикалық қасиетін жетілдіре түсу. Заводтың дайындау бөлімінде орнатылған арнаулы пештерде ұнтақтар қыздырылып, тағы да тотықсыздандыру процесіне өткізіледі. Бұл өте қажет. Өйткені бастапқы өндіру кезінде ұнтақ тотығынан ажыратылғанымен, ол нақтылы бұйым өндірген кезде жеткіліксіз болуы мүмкін. Оған қоса өндірілген ұнтақ тасымалдау, қоймада сақтау кезінде қайта тотығады. Тотықсызданған ұнтақ мұқият іріктеледі. Оның қалыптасу қабілеттілігі түйіршіктерінің бір мөлшерде, бір формада болуына тәуелді. Іріктелген ұнтақтың біркелкі, бұйым қалыптауға жарайтыны одан әрі өңдеуге түседі. Таза металдың немесе қорытпаның ұнтағы бұйымға қойылатын талаптарға түгел жауап бермейді. Сондықтан бұйымдарды бірнеше металл мен қорытпалардан қалыптастыруға тура келеді. Бұл үшін алдымен тиісті ұнтақтарды мұқият араластыру керек. Араласқан қосынды біркелкі болып шығуы шарт.

Дайындау бөлімінде негізгі атқарылатын жұмыстың бірі ұнтақтарды араластырып қосынды дайындау. Ұнтақ араластыратын қондырғылардың ішіндегі өте нәтижелі және тиімдісі «Турбула». Ол бірден үш көлбеуде айналады. Бұл қондырғыда 3-5 минуттік мерзімде 300-500 кг ұнтақ біркелкі араласып шығады.

Дайындау бөлімінен өткен ұнтақ заводтың бұйым өндіру бөліміне жеткізіледі. Мұндағы негізгі тәсіл — престеу, негізгі құрал — әр түрлі престер. Ұнтақтар қысым әсерімен сусиды. Оның бұл сусуы сұйық затқа ұқсайды. Бірақ олардың сұйық денеден елеулі бір айырмашылығы сұйық заттарда қысым әр бағытта бірден өріс алса, ұнтақтарда бұлай емес. Себебі ұнтақтар аралығында үйкеліс күші елеулі, ұнтақ түйіршігі барлық бағытта бірдей суси алмайды. Сонымен қатар ұнтақ пен пресформа қабырғасы аралығында да елеулі үйкеліс күші орын алады. Бұл күштер ұнтақ сығымдалып, оның тығыздығы өскен сайын арта береді. Осыған орай кейде престеу күшінің тек 40 проценті ғана негізгі мақсат — ұнтақ массасын

барлық қалындығы бойынша біркелкі тығыздыққа келтіруге жұмсалады. Осының салдарынан алынған бұйымның тығыздығы оның барлық көлемінде бірдей болып шықпайды.

Ұнтақтарды өңдеуде олардың химиялық құрамымен қатар физикалық қасиеттерінің де белгілі дәрежеде әсері бар. Өндіру технологиясының ерекшеліктеріне орай ұнтақ түйіршіктері әр түрлі формада — сфера, жарықшақ, қабыршақ, бұтақша, тамшы тәріздес болып қалыптасады. Ұнтақ түйіршіктерін олардың мөлшері 1 микроннан кем болмаса микроскоппен, ал егер 1 микроннан да ұсақ болса электронмикроскопымен көруге болады. Ұнтақтар мөлшері 40 микрон және одан жоғары болса, онда олардың мөлшері електен өткізу арқылы анықталады. Бұл оңай және өнімді тәсіл. Соңғы жылдары ұнтақ мөлшері мен формасын анықтауда седиментацион анализі қолданылуда. Өте ұсақ біртекті ұнтақтарды белгілі бір сұйық затқа салса, онда оның ыдыс түбіне тұну жылдамдығы ұнтақтың мөлшері мен формасына тәуелді болады. Демек, ұнтақтың тұну жылдамдығын өлшеу арқылы олардың мөлшері мен формасын анықтауға болады екен. Осы негіздегі анализдеу тәсілі седиментациондық анализ деп аталады. Ұнтақтардың бір ерекшелігі олардың сыртқы қабатына тән ауданы үлкен болып қалыптасуында. Көбінесе салмағы 1 грамм ұнтақтың сыртқы ауданы 0,01-ден 1 шаршы метр, кейде 4-5 немесе 20 шаршы метрге дейін барады. Ұнтақтардың тығыздығы осы металдың әдеттегі құйма немесе прокатталған түріндегі тығыздығынан өзгеше болып келеді. Себебі, ұнтақ түйіршіктерінің құрамында қалған тотық, ішкі қуыстар, кристалл торының ақаулары ұнтақ тығыздығын әдеттегі металл тығыздығымен салыстырғанда кемітеді. Ұнтақтардың үйме массасы, сусымалдық және сығымдалуға қабілеттілігі, соққысыз әсер ететін қысымға көнгіштігі, формаға келу қабілеттілігі олардың физикалық және химиялық қасиеттеріне тәуелді. Ұнтақтардың тығыздамай еркін төгіліп үйілгендегі әрбір текше сантиметр көлеміне тән массасын (салмағын) олардың үйме массасы (салмағы) деп атайды. Ұнтақ түйіршіктерінің формасы неғұрлым біртегіс, шар тәрізді болса, солғұрлым олар еркін сусып үйілгенде бір-бірімен тығыз орналасып олардың үйме салмағы жоғары болады. Мұндай ұнтақтардан өндірілген бұйымдардың ішкі құрылысында да саңылау өте аз, тығыз болып қалыптасады. Егер ұнтақ

түйіршіктері жарықшақ, қабыршақ, сүйір формалы болса, онда еркін сусып үйілгенде олардың түйіршік аралығында саңылау, қуыс жиі орын алады. Бұлардың үйме салмағы төмен болады және мұндай ұнтақтан ішкі құрылымы тығыз, саңылау, қуыс кездеспейтін етіп бұйым өндіру үшін жоғары температураға дейін қыздырып қысу, қысым шамасын өсіру, әр бағытта кезек ауыстырып қысым әсерін беру, т. б. технологиялық тәсілдер қолдану керек болады.

Ұнтақтардың сусымалылығы олардың түйіршіктерінің біркелкі формада, ірі не ұсақ болуына тәуелді. Ұнтақтардың қысымға ықтималдығы деп олардың қысым әсеріне берілетінін, қысым әсерімен тығыздалу қабілетін айтады. Әлбетте табиғи жұмсақ, созымтал материалдар қысымның әсеріне көнгіш келеді, олар оңай тығыздалады, яғни олар қысымға ықтимал. Әлбетте ұнтақ түйіршіктерінің уақ, ірі, әр түрлі формада немесе біркелкі болуының да мәні зор. Ұнтақтардың күш әсерімен белгілі бір формаға келтірілген соң сол қалыптасқан формасын бұзбай сақтау қабілетін — ұнтақтардың формаға келу қабілеті дейді. Бір текті металл ұнтағының қасиеті әр түрлі талаптарға сай бола бермейді. Ол температура әсеріне, кейде механикалық күш (созу мен иілу, қысу мен бұрау) әсеріне, кейде агрессивті орта әсеріне ұшырайды. Сондықтан ұнтақтан жасалған бұйым осындай әсерлердің бәріне төзімді, әр түрлі қасиеттері жеткілікті болып қалыптасуы шарт. Ал бірнеше металл ұнтақтарын араластырып, оларды өзара біріктіріп және барлық көлемінде құрамын біркелкі етіп қалыптастырса, онда мұндай материалдар кез келген жағдайға: механикалық күш әсеріне болсын, температураға, агрессивті орта әсеріне болсын — төзімді келеді. Мұндай материалдарды композициялық материалдар деп атайды.

Ұнтақ өндірілді, оның қасиет көрсеткіштері тексеріліп, қойылған талаптарға сәйкес екені анықталды дейік. Енді ол ұнтақ бұйым өндіретін мамандар қолына ауысады. Мұнда ұнтақ белгілі бір формаға келтіріліп, өңдеу алдында дайындаудан өтеді. Дайындау бөлімінде оны қыздырып әлі де болса тазарта түседі және қыздырып барып баяу суытып қаттылығын төмендетеді. Ішкі механикалық кернеулерден босатады, құрамындағы газдан, басқа қосалқы заттардан тазартады. Қыздыру кезінде ұнтақ ауадағы оттекпен реакцияға түсіп тотығуы мүмкін. Бұл реакцияға жол бермеу үшін ұнтақтар тотық-

сыздандырғыш ортада, арнаулы пеште қыздырылады. Бұл процесті тотықсыздандыру атмосферасында қыздыру деп атайды.

Ұнтақ металлургиясының бір ерекшелігі, мұнда негізгі материалдар балқу температурасынан төмен температурада қыздырылады.

Ұнтақ металлургия технологиясы негізгі екі бағытта жемісті нәтиже беруде:

1. Құрамы, құрылысы, қасиеті жағынан басқа тәсілдермен өндіруге келмейтін материалдар өндіру;

2. Әдеттегі материалдан экономикалық көрсеткіші тиімді машина бөлшектері мен бұйымдар өндіру. Мысалы, жалпы салмағы 1000 т ұнтақтан өндірілген машина бөлшектері әдеттегі тәсілмен салыстырғанда орта есеппен 1 млн. сом үнем береді.

Әр түрлі қаттылығы жоғары қосындылардың (карбид, борид, нитрид, силицид) ұнтақтарынан жоғары температура және ұзақ қыздыруға төзімді электротехника, металлургия, химия өнеркәсібіне қажетті материалдар өндіріледі. Әр түрлі тәсілдермен бұл ұнтақтардан түтік, тигель, турбина қалақтары, электроқыздырғыш, электрод, шала өткізгіш, коррозияға төзімді машина бөлшектері жасалады.

Реактивті самолет, космос кораблі, ракета тәрізді дыбыстан да жылдам ұшатын аппараттарды жасау кезінде күрделі қиындықтар туды. Оның ішінде дыбыс кедергілері мен қызу кедергілерін атап айтуға болады. Дыбыс жылдамдығынан артық шапшаңдықпен ұшқанда самолет корпусы, баллистикалық ракеталардың ұшы ауаға үйкелу әсерінен жоғары температураға дейін қызады. Осы арада бұған композициялық материалдар көмекке келеді. Бұл материалдарды игеру ұнтақ металлургиясының тәсілдерін қолдану арқылы іске асырылды.

Біздің елде ұнтақ металлургиясы тәсілдерімен өндірілген карбид вольфрамы негізіндегі құрамында 2-3% кобальт бар қатты қорытпалар металл өңдеу саласында тұңғыш рет 1928—29 жылдары қолданыла бастады. Қазіргі уақытта осындай қатты қорытпалар ниобий, цирконий, титан карбидтерінің негізінде өндіріледі. Қатты қорытпаларды машина жасау өнеркәсібінде қолдану металды кесіп өңдеудің жылдамдығын бірнеше рет өсіруге мүмкіндік берді. Қатты қорытпадан жасалған штамп (қалып) сапалы болаттан жасалған штамптардан 50—100 есе төзімді және штампты (қалыпты) ауыстырмай

миллиондаған бұйым өндіруге мүмкіндік береді. Тау-кен жұмыстарында бұрғылау аспаптарын қатты қорытпадан жасау аса қатты тау жыныстарын бұрғылауға мүмкіндік берді.

Соңғы жылдары қатты қорытпалардан төзімді машина бөлшектері және арнайы мақсатта аспаптар көптеп жасалуда. Вольфрам, титан, тантал тәрізді сирек, қымбат элементтерді болат құрамына қосқаннан гөрі осы элементтер негізінде қатты қорытпалар өндіру нәтижелі әрі экономикалық жағынан тиімді болып шықты. Мұнай, химия, газ және бірқатар өнеркәсіп салаларында өнімнің таза болуы талап етіледі. Өнімдерді тазарту үшін оларды сүзеді. Сүзуге арналған арнайы материалдар — фильтрлер бар. Фильтр ретінде әуел бастан мата, картон қағаз, керамика пайдаланылатын. Бұлардың әрқайсысының өзіндік олқылықтары бар. Кейде температураның құбылуын көтере алмайды, кейде қысымға төзе алмайды, кейде ұзақ уақыт пайдалануға шыдамайды, тоза бастаған фильтрдің материалы өндіріс өнімімен бірге кетіп, оны ластайды. Өндіріс талабына толық сай келетін фильтр қазір металл ұнтақтарынан жасалады. Бөлшектері шар формасындағы металл ұнтағынан өткізгіштік қасиеті жоғары, тесіктері әрі өте ұсақ, әрі біркелкі фильтрлер жасауға болады. Бұл фильтрлердің өте тиімді ерекшелігі оларды тазартып, қайта пайдалануға болады. Мұны регенерация деп атайды. Аса қыздырылған газ, агрессивті материалдарды сүзуде карбид, борид, титан, вольфрам, ниобий, тантал, хром нитридтерінің ұнтақтарынан жасалған фильтр қолданылады.

Ұнтақ магниттік материалдардан түрлі аспаптардың мөлшері шағын, жұқа бөлшектері жасалады. Ұнтақ металлургия тәсілі деформациялық қабілеті төмен, механикалық тәсілдермен өңделуі қиын темірқобальт, теміралюминий, темірникелькобальталюминий, темірқобальтвольфрам тәрізді қоспалардан магнит бұйымдар, бөлшектер жасауда өте тиімді болып шықты. Осындай тәсілмен өндірілген магниттік қасиеті жоғары материалдан жасалған аспаптар әр түрлі автоматтандыру жүйелерінде пайдаланылады.

Осындай тәсілдермен машина бөлшектерінің формасын дәл етіп шығарумен қатар қосалқы өңдеу жұмыстарын қысқартып, жалпы жұмсалатын металл көлемін азайтып, технологиялық ысырапты елеулі кемітуге бо-

лады. Осының нәтижесінде машина бөлшектерінің өзіндік құны 2-2,5 есе азаяды.

Жоғары биіктікте самолеттің қанатына, корпусына мұз қатады. Мұз қатпауы үшін әр түрлі шаралар қолданылады. Сол шаралардың ішіндегі нәтижелісі — самолет қанатының жиектерін қола немесе тотықпайтын болат ұнтақтарынан жасалған қуыс заттармен қаптау. Ұшу кезінде осы қуыстар арқылы ыстық ауа үрленіп самолет қанатына мұз тұруына жол берілмейді. Немесе осы қуыстар арқылы антифриз — мұз қатырмайтын арнаулы материал жіберіледі. Ұнтақ никель, күміс, мыс, вольфрам, темірден жасалған қуыс материалдар электрохимия процестерінде жиі қолданылады. Темір ұнтағынан жасалған жұқа ленталар трубалардың және фланец қосындыларының жігін тығыздауға қолданылады.

Ұнтақ металдардан өндірілетін конструкциялық бұйымдарды екі ірі топқа бөлуге болады:

1) Әдеттегі көміртекті және легирленген болаттардың, шойын және түсті металдардың орнына қолданылатын бұйымдар;

2) Арнаулы айрықша қасиетті яғни үйкелістен тозуға төзімді, аса қатты қыздыруға және коррозияға төзімді, айрықша магниттік және электр қасиеті бар бұйымдар.

Химия өнеркәсібінде реакция жылдамдығының мәні зор. Еңбек өнімділігін арттыру үшін химиялық реакциялардың неғұрлым тез жүргені жақсы. Бұл мақсатта өздері тікелей реакцияға түспейтін, бірақ реакция өтуін тездететін арнайы материалдар — катализаторлар қолданылады. Катализатор ретінде ұнтақтарды да пайдалануға болады, алайда олар реакция өнімімен араласып, оның тазалығына әсер етуі мүмкін. Сондықтан ұнтақпен тек үстіңгі қабаты қапталған катализатор ғана қолданылуда. Сондай-ақ ұнтақтардан аккумулятор пластинкалары да жасалады. Оттекпен қанықкан ұнтақ металдар электролитикалық бейнелеуде және қазіргі жоғары өнімді баспа машиналарында қолданылады. Темір ұнтағы мен болат ұнтағынан олардың аралығында шашыраңқы болып орналасқан ұнтақ карбидтері бар материалдар авразивтік және магниттік қасиеті жоғары болып қалыптасады. Мұндай материалдар айрықша магниттік жүйелі металл өңдейтін станоктардың конструкциясында қолданылады. Бұл станоктардың жоғарыда айтылған материалдан жасалған магнит щеткасы санаулы секундтар

ішінде күрделі конфигурациялы металл бұйымдарын айнадай жылтыратып шығарады. Бірнеше элементтерді бір-бірімен араластырып, оларды балқыту температурасына дейін қыздырмай-ақ қалыптастыруға болады. Мұндай материалды композициялық материал деп атайды. Композициялық материалдарды өндірудегі қажетті шикізат — ұнтақтар. Ұнтақтарды прокаттау арқылы олардан әр түрлі күрделі өнімдер алуға болады. Никель мен тотықпайтын болат ұнтақтарын прокаттау арқылы бос кеуек көздері бар табақ металл өндіріледі. Бұл металл фильтр ретінде қолданылады. Биметалды болаталюминий сымдарын болат сымға алюминий ұнтақтарын жоғары қысым әсері арқылы қаптастыру тәсілімен өндіреді. Мұндай сымдар энергожүйеде қолданылады. Прокаттау тәсілімен ұнтақтарды пайдаланып болаттың сыртын алюминиймен немесе басқа металмен қаптауға болады. Металды осылайша қос қабаттау тәсілі плакирование деп аталады. Осының нәтижесінде болаттың коррозияға қарсы тұрақтылығы артады.

Ұнтақтарды пайдаланудағы өте тиімді жаңа техникалық бағыттардың бірі — оларды плазма ағыны және жарылыс қуаты арқылы қаптастыру.

Әдеттегі технологияда машина бөлшектерін станоктарда кесіп, жонып, құйып жасағанда көп мөлшерде металл ысырап болады. Жоғары қысым арқылы ұнтақты қалыпқа салып машина бөлшектерін жасаған кезде мұндай ысырап болмайды. Осыған орай бұл технология ысырапсыз технология деп аталады.

Соңғы жылдары композициялық материалдар көптеп пайдаланылуда. Бұл материалдың құрамында екі немесе одан да көп фазалар болады, бұл фазалар өзара әсерлеспейді немесе нашар әсерлеседі. Композициялық материалдарды пайдалану конструкцияның салмағын жеңілдетіп, беріктігін арттырады.

Композициялық материалдарды пайдалану арқылы машина бөлшектерінің салмағын 50 процентке жеңілдетуге болады.

Ішкі қабаты қуыс, сырты тұтас материалдардың энергияны, мысалы, акустикалық энергияны тежеу, абсорбциялау қабілеттілігі жоғары, ал жылу мен электр өткізгіштігі төмен. Бұл материалдар вибродыбыстан қорғауда да қолданылады. Себебі олар ырғалу, теңселу толқындарымен дыбысты тоскауылдап, шуды тежейді.

Сырты бүтін, құрылымы кеуек етіп өндірілген метал-

ды пенометалл, яғни көпіршік металл деп атайды. Пенометалл өндіру технологиясы металл ұнтақтарын жоғары температурада қақтау, кейде шихтаға оларды қобыратын заттар қосу тәсіліне негізделген. Қуыстар металл құрылысының ішкі қабатында қалыптасуы үшін оларға кристалдану кезінде мол мөлшерде газ бөліп, ыдырайтын материалдар қосу, мысалы титан немесе цирконий гидридтерін немесе температураға төзімді хлорлы нитрий тәріздес заттардың ұнтақтарын қосу немесе металл құйғанда оған қуыс пластмасса яки керамикадан жасалған кеуек затты қосу тәсілдері қолданылады.

Ұнтақтар металлургиясында металдардың аморфты ұнтақтарын өндіру және олардан бұйымдар жасау кеңінен өрістеуде. Аморфты металл қорытпаларының ашылуы біздің заманымыздағы материалтану ғылымының көрнекті жаңалықтарының бірі болып табылады. Металл қорытпалары аморфты, әйнек тәріздес болып қалыптасқанда олардың қасиеттері де айрықша болады. Құрылысы кристалды болып қалыптасқан металдың қасиеті бұдан ерекше. Олардың беріктігі жоғары және тұрақты. Қатты болуымен қатар созымталдығы да жеткілікті болып келеді. Бұлардың коррозияға тұрақтылығы жоғары, магниттік қасиеті ерекше, радиациялық сәулелердің әсеріне тұрақты, электр тогын өткізу қабілеттілігі жоғары. Құрылысы аморфты қорытпалар балқытылған қалпынан өте тез суыту арқылы өндіріледі. Суыту тездігі бір секундта 10^6—10^8 градусқа тең. Қазіргі уақытта толығырақ зерттеліп игерілген металдардың аморфты қорытпалары темір, кобальт, никель негізінде болады және бұлардың құрамына 15-30 атомдық процент мөлшерінде көміртек, бор, фосфор, кремний тәрізді элементтер жекелей немесе тобымен қосылады.

Аморфты материалдар қазірдің өзінде радиотехникада, аспаптар жасауда қолданылуда. Оларды болашақта атом және космос техникасында пайдалану мүмкіндігі бар.

Өндірісте темір, көміртекпен байытылған темір, мыс, графит, хром, марганец, фосфор, никель, молибден, бормен легирленген темір ұнтақтар қолданылуда. Бұлардан жасалған машина бөлшектері самолет құрылысында, ауыл шаруашылығы машиналарын жасауда, түрлі машиналар мен аппараттар, есептеуші машиналар, станоктар, транспорт қондырғыларының бөлшектерін жасауға жұмсалады. Ұнтақтардан машина бөлшектерін жасауда-

ғы бір кедергі — олардың беріктігінің төмендігі. Ұнтақтардың беріктігін арттыру үшін олардан жоғары қысыммен машина бөлшектерін жасаған кезде тығыздығын өсіру, құрамына легирлеуші элементтер қосу, термоөңдеу, микробөлшектер мен талшық заттар пайдалану тәсілдері кеңінен қолданылады. Алайда қазіргі уақытта ұнтақталған көміртекті болаттан жасалған бұйымдардың беріктігі сапалы болат беріктігінің 40-80 процентіне сәйкес.

Ұнтақ металлургиясын дамытудың жаңа бағыты ультрадисперсті ұнтақтар өндіру. Мөлшері 1 микроннан кем мұндай ұнтақтардан физикалық-механикалық қасиеттері жоғары бұйымдар жасауға болады. Қазіргі уақытта ультрадисперсті ұнтақтардан магнит ленталары (таспалары), ленталарда электр тогын өткізетін қабаттар, шала өткізгіш және төтенше өткізгіш материалдар жасалады.

Бүгінгі күні дүние жүзінде қара және түсті металдар ұнтағын өндіру қарқынды дамуда. Совет Одағында он бірінші бесжылдықта темір негізінде ұнтақтар өндіру үш есе өсті.

Егер 1982 жылы ұнтақ темір өндіру көлемін 100 процент деп алсақ, 1983 жылы 125 процент, ал 1985 жылы 195 процент болды.

Он екінші бесжылдықта ұнтақ материалдар өндіруді үш еседен астам өсіру көзделуде.

Алюминий, темір, магний, цирконий, титан, тағы басқа бірқатар металл ұнтағы белгілі жағдайда жанады.

Ұнтақ алюминий өндірілу көлемі мен пайдалану мөлшері жағынан темірден кейін екінші орын алады. Ұнтақ алюминий өндірудің технологиясын жетілдіруге, сапасын арттыруға көп көңіл бөлінуде. Алюминий ұнтақ металлургиясының өнімдері ұнтақ, пудра, паста, жарма деп төрт топқа бөлінеді.

Бірінші топқа ұнтақ алюминий жатады. Бұлар балқыған металды тозаңдату тәсілімен және механикалық тәсілмен өндірілген алюминий ұнтақтары. Бұл түйіршіктердің формасы сфера, тамшы, жарықшақ болып келеді. Түйіршіктердің мөлшері 0,5-1,0 миллиметрден артпайды.

Екінші топ — алюминий пудрасы. Бұлардың формасы жұқа қабыршықты, жұқа, табақша болып келген ұнтақ алюминий. Алюминий пудрасы алюминий фольгасының қалдықтарын ұсату арқылы өндіріледі. Ұсақтау

процесі құрғақтай, кейде шамалы мөлшерде ұсатуды тездететін материалдар қосып өткізіледі. Пудра құрамындағы оттегі мөлшерін бақылап отыру қажет. Процесс инертті газ атмосферасында жүргізіледі. Пудра талшықтарының қалыңдығы 1-5 микрон, әр талшықтың ұзындығы, ені оның қалыңдығынан 50-150 есе артық болып келеді.

Ал, алюминий пастасының пудрадан айырмашылығы, ұсақтау процесі құрғақ күйінде емес, сұйық зат араластырылып өткізіледі. Әдетте сұйық зат ретінде уайтспирт қолданылады. Паста түйіршіктерінің мөлшері пудрадан ұсақ, алынған өнімнің 65-75 проценті алюминий, 25-35 проценті сұйық зат болып қалыптасады.

Жарма алюминий — түйіршігінің мөлшері 0,5-1,0 миллиметрден астам ұнтақтар. Түйіршіктер формасы әр түрлі болады. Ол балқытылған алюминийді тесік-тесік сауытқа құю тәсілімен өндіріледі. Түйіршіктерді осылайша қалыптастыруды еркін ағызып қалыптастыру деп атайды. Түйіршіктер центрден тепкіш күштерді пайдалану арқылы өндіріледі. Алюминий фольгасын, пудрасын жұмырлау, сықпалау тәсілімен де түйіршіктер өндіреді.

Өндірісте титан ұнтақтарын пайдалану да өте тиімді. Бір тонна ұнтақ титаннан машина жасау өнеркәсібінде бұйымдар өндіру 2 тоннадан 7 тоннаға дейін титан прокатын үнемдейді. Ұнтақ титан металлургиясында еңбек өнімділігі титан прокатын станокта өңдеуден 1,5-1,6 есе жоғары. Осыған орай көлемі бірдей өнім өндіргенде жұмысшы санын қысқартып, титан өңдейтін станоктар паркін 55-60 процентке дейін азайтуға болады.

Титан ұнтағын пайдаланудың экономикалық тиімділігі өте зор. Титан ұнтағынан жасалған бұйымдарда металды пайдалану коэффициенті 80-85 процентке дейін өседі. Көп жағдайда таза ұнтақ титаннан да ұнтақ титан қорытпалары пайдалы. Бұлардың ішінде әсіресе кең тарағандары титан-алюминий, титан-алюминий-ванадий, титан-алюминий-марганец, титан-хром, титан-молибден қорытпалары. Титан ұнтағынан қыздырып қақтау тәсілімен бұйым өндіру ауада емес, оттегі жоқ ортада жүргізіледі. Мұндай орта ретінде вакуум немесе аргон қолданылады.

Титан ұнтағын механикалық өңдеудің басқа металдарды өңдеуден айырмашылығы бар. Титанның температура өткізу қабілеті төмен болғандықтан, ол өңдеу про-

цесінде тез қызады. Титан механикалық өңдеу әсерінен болаттан шамамен екі еседен артық қызады. Оның үстіне қыздырылған титан ауадағы газдармен тез қанығады. Әдеттегі құю тәсілімен өндірілген құйма титанның үстіңгі қабаты тотығады. Сол себепті бұл үстіңгі қабатта оттек мол болғандықтан тотыққан титан қатаяды да, оны кескіш аспаптармен өңдеу қиындайды, өңдеу кезінде қатты қызады. Осыған орай титан жоңқаларының өздігінен жану қаупі туады. Ұнтақ титаннан бұйым өндіру вакуумде немесе аргонда өткізілетіндіктен бұл бұйымдар тотықпайды. Бұл бұйымдарды механикалық өңдеу жеңіл әрі қауіпсіз. Бірақ титан ұнтағы белгілі жағдайларда ауада өздігінен жанады. Бұл қауіпті. Ауада титан ұнтақтарының концентрациясы мол болған жағдайда жарылуы да мүмкін.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе 3
Металл сыры 5
Техникалық негізгі металл 12
Электротехника өзегі 41
Ақ қанат металы 48
Техникалық жаңа металл 64
Бір ұяда 71
Жаңа бағыттағы ізденістер 80
Ұнтақтар өрісі 87

Нысанбаев Ғабдолла

МЕТАЛДЫҢ МЫҢ ҚАСИЕТІ
МЕТАЛЛЫ В НАШЕЙ ЖИЗНИ

(на казахском языке)

Редакция меңгерушісі *М. Қазбеков*
Редакторы *Р. Асанбаева*
Техникалық редакторы *А. Ткаченко*
Көркемдеуші редакторы *Г. М. Горелов*
Корректоры *Г. Бектемісова*

ИБ № 3872 научно-популярное издание

Теруге берілген күні 25 09 87. Басуға қол қойылған күні 10 02 88 УГ № 19032 Форматы 84×108¹/₃₂ Қағазы № 2. Гарнитурасы әдеби. Шығыңқы басылыс Шартты баспа табағы 5,88 Шартты баспа бояу-әріп таңбасы 6,19 Есепке алынатын табағы 5,89. Тиражы 1 000 дана. Заказ 1367. Бағасы 25 т.

Қазақ ССР Баспа, полиграфия және кітап саудасы істері жөніндегі мемлекеттік комитетінің Халықтар достығы орденді «Қазақстан» баспасы, 480124, Алматы қаласы, Абай проспектісі, 143.

Ордена Дружбы народов издательство «Казахстан» Государственного комитета Казахской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 480124, г. Алма-Ата, пр. Абая, 143.

Қазақ ССР Баспа, полиграфия және кітап саудасы істері жөніндегі мемлекеттік комитетінің «Кітап» полиграфиялық кәсіпорындары өндірістік бірлестігінің Кітап фабрикасы, 480124, Алматы қаласы, Гагарин проспектісі, 93.